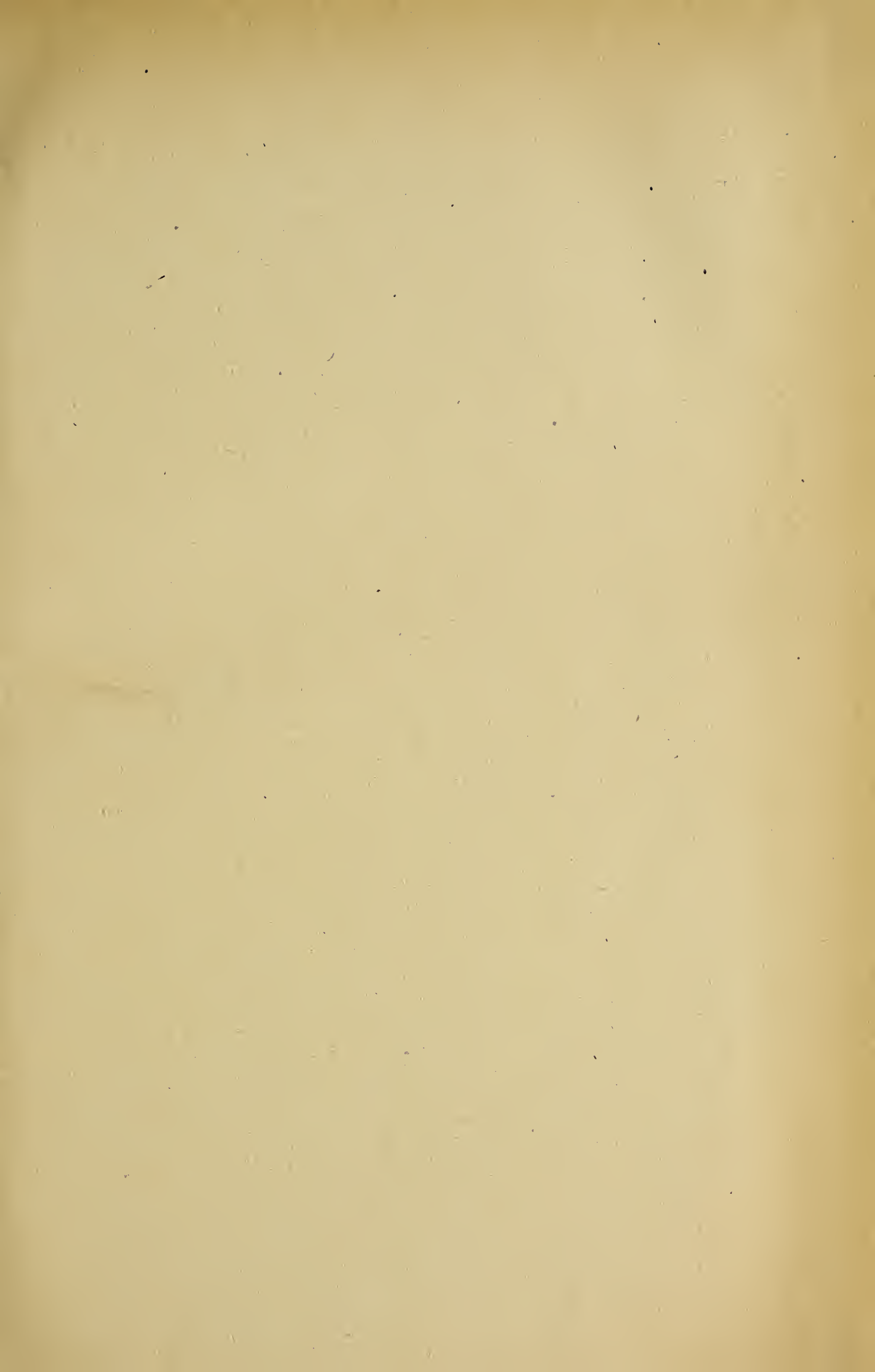
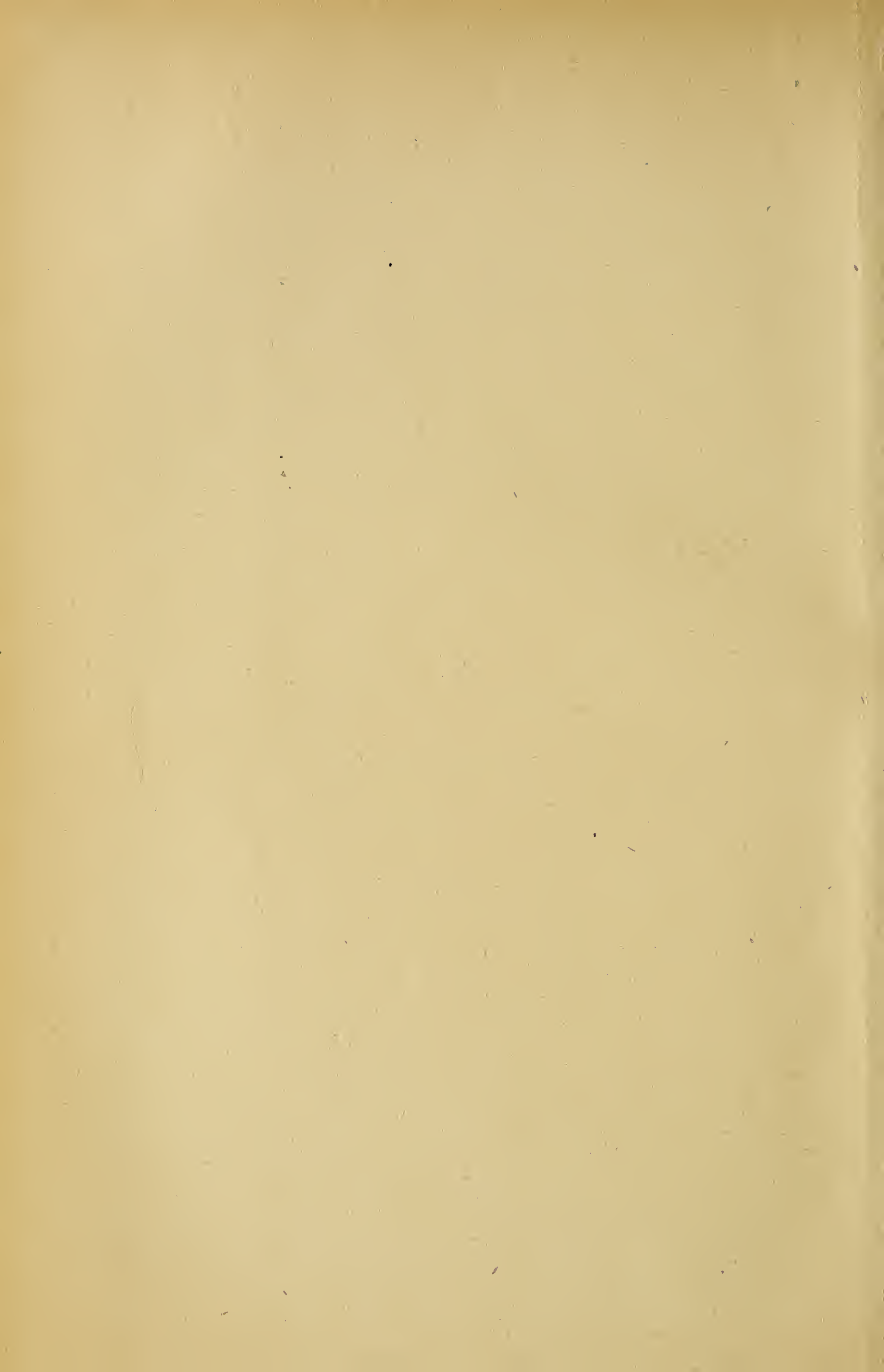
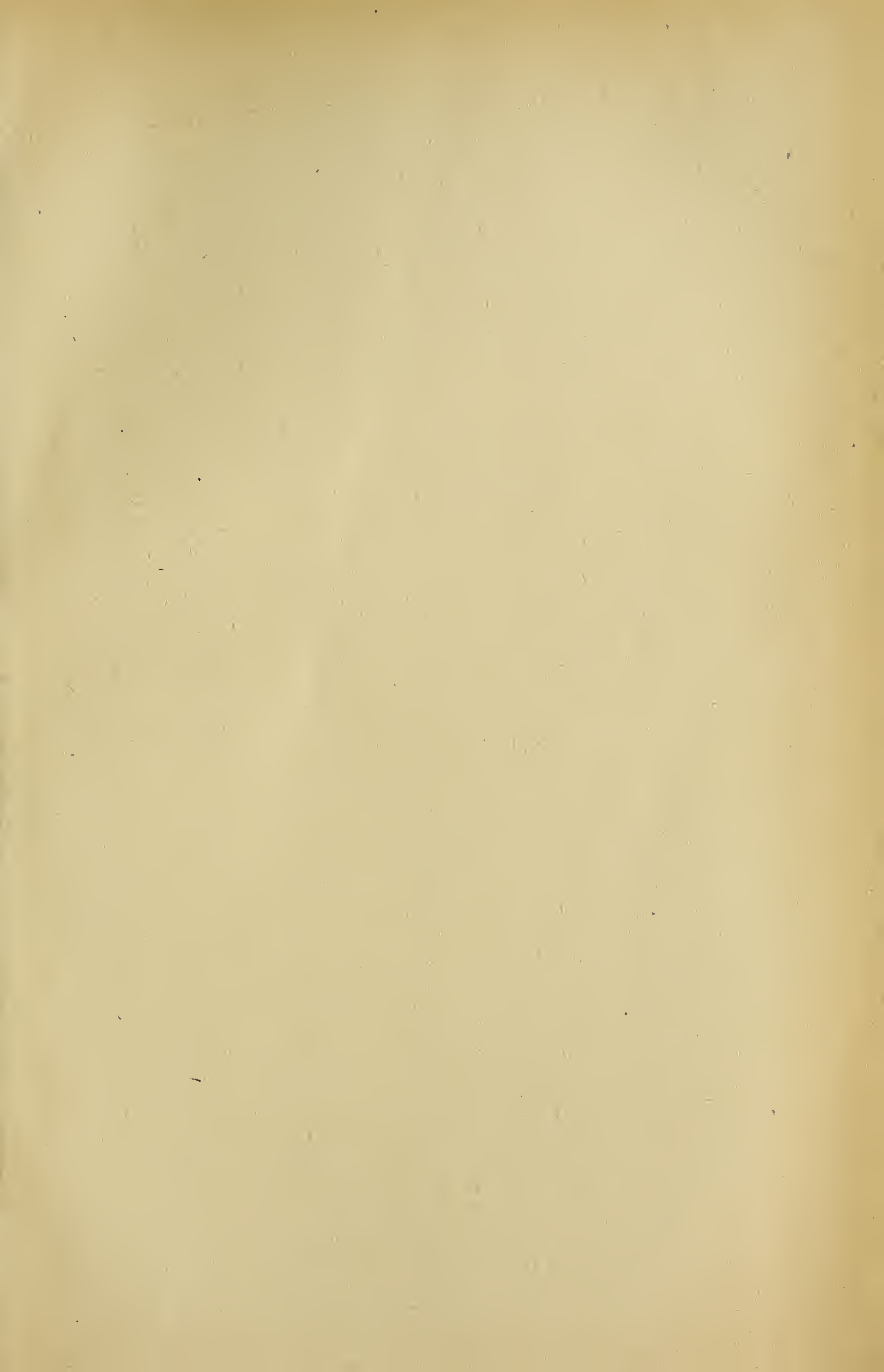










Sitzungsberichte und Abhandlungen

der

naturforschenden Gesellschaft

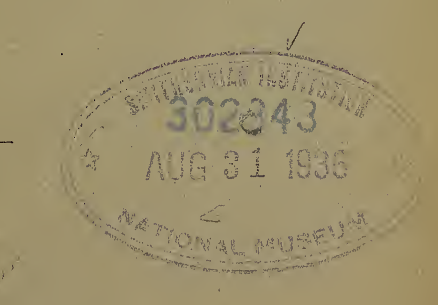
zu Rostock.

Neue Folge. — Band VI (1914/15).

Mit 14 Tafeln.

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben von

Professor Ludwig Will.



Rostock 1916.
Kommissionsverlag von H. Warkentien.

Für die Naturforschende Gesellschaft zu Rostock bestimmte Büchersendungen werden erbeten:

An

den Sekretär der Naturforschenden Gesellschaft

Herrn

Professor Dr. L. Will

Rostock i./M.

Manuskripte für diese Zeitschrift, einseitig beschrieben, nimmt der Herausgeber entgegen. Bei Anfertigung der Zeichnungen für Textfiguren oder Tafeln empfiehlt sich eine Ausführung, die für ein photographisches Verfahren (Zinkätzung, Autotypie, Lichtdruck) geeignet ist. Mit Rücksicht hierauf ist die Anwendung von Tusche, sowie speziell für die Zinkätzung die Strich- resp. Punktmanier dringend anzuraten. Tiefschwarze Linien resp. Punkte sichern eine klare Wiedergabe. Dagegen sind Buchstaben nur vorläufig mit Blei einzutragen. Vorteilhaft ist es ferner, alle Originalzeichnungen in etwas grösserem Massstabe zu halten, da die Zeichnungen durch Verkleinerung bei der Reproduktion an Schärfe gewinnen.

Die meisten der in dieser Zeitschrift enthaltenen Arbeiten sind beim Verleger auch einzeln käuflich.

Sitzungsberichte und Abhandlungen
der naturforschenden Gesellschaft zu Rostock.

Sitzungsberichte und Abhandlungen

der

naturforschenden Gesellschaft

zu Rostock.

Neue Folge. — Band VI (1914/15).

Mit 14 Tafeln.

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben von

Professor Ludwig Will.

Rostock 1916.

Kommissionsverlag von H. Warkentien.

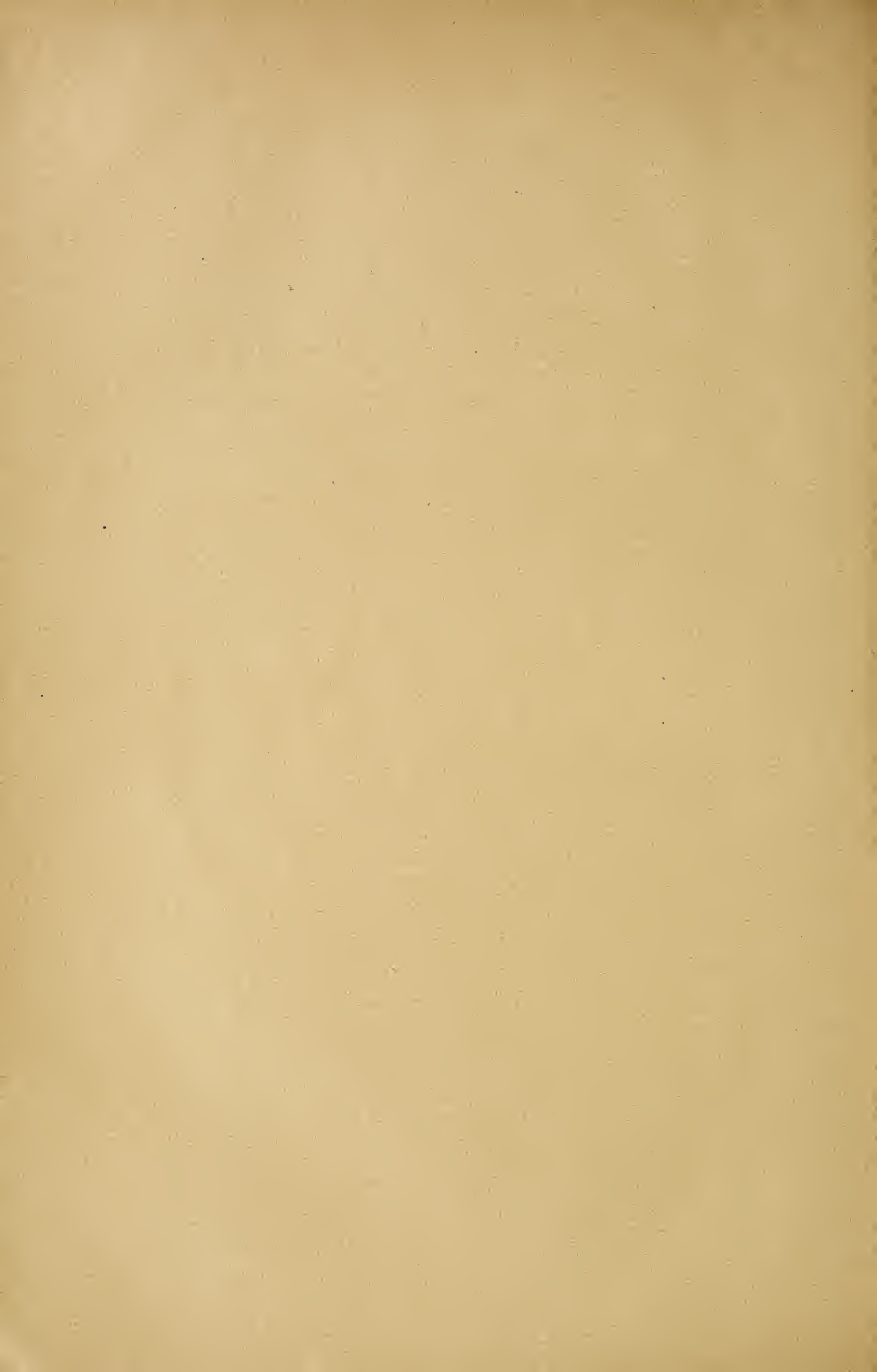
Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Arbeiten allein verantwortlich.

Inhalt.

I. Sitzungsberichte:

II. Abhandlungen:

I. Sitzungsberichte.



Ist der Verlauf experimenteller Krämpfe durch Störung der inneren Sekretion zu modifizieren?

Von

Dr. Johannes Fischer-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 14. Februar 1914.

Vortragender berichtet zunächst über gemeinsam mit seinem Bruder angestellte Versuche über Amylnitritkrämpfe, die anderen Orts ausführlich veröffentlicht sind. (Fischer, J. u. Fischer, H., Tierexperimentelle Studien über Amylnitritkrämpfe unter besonderer Berücksichtigung der Frage nach ihrer Lokalisation und ihrer Beziehung zur inneren Sekretion. Zeitschr. f. d. ges. Neurolog. u. Psychiatrie. Bd. XXII, H. 3.) Es konnte festgestellt werden, dass nach Amylnitritinhalation bei Kaninchen (und auch bei Hunden) Krämpfe von typischem Verlauf eintreten. Bei der Untersuchung der innersekretorischen Organe fand sich regelmässig Hyperaemie des Plexus chrorioideus, der Hypophyse, Thymus und Schilddrüse und geringe Chromierbarkeit der chromaffinen Zellen der Nebennieren. Der Verlauf dieser Krämpfe konnte abgeändert werden durch Störungen im polyglandulaeren Apparat, und zwar wurden daraufhin geprüft: 1 gravides Kaninchen, 2 kastrierte, 2 thyreoidektomierte und 1 thyreoidektomiertes, dem ein äusseres Epithelkörperchen exstirpiert war. Bei allen diesen Tieren traten die grossen Krämpfe früher ein, als bei normalen; bei dem graviden Tiere dauerten sie länger als bei gesunden, bei den kastrierten Tieren nicht. Bei beiden folgte den Krämpfen länger dauernde Benommenheit, die Tiere erholten sich schwerer. Bei den Thyreoidektomierten folgte dem Anfall keine so starke Benommenheit, dagegen längere Zeit anhaltende chroreaähnliche Zuckungen, und einige Zeit nach Zufuhr frischer Luft trat eine

Wiederholung des grossen Anfalles ein. Bei dem Thyreoidektomierten, dem ein äusseres Epithelkörperchen entfernt war (die inneren Epithelkörperchen werden beim Kaninchen bekanntlich zugleich mit der Schilddrüse herausgenommen), ähnelte der Verlauf am meisten einem epileptischen Anfall, es folgte tiefe Benommenheit und mehrstündiger Schlaf. Vortragender hat weiter Versuche angestellt, ob Nebennierenausfall den Verlauf der Krämpfe beeinflusst. Dabei zeigte sich, dass bei 2 Tieren nach einseitiger Nebennierenexstirpation die ersten Zuckungen später eintraten, vereinzelter blieben und sich nicht zu den grossen Krämpfen steigerten, wenn die Tiere selbst längere Zeit Amylnitrit einatmeten, als beim Kontrolltier bis zum Ausbruch der grossen Krämpfe nötig war. Bei einem doppelseitig Exstirpierten zeigten sich keinerlei deutliche Zuckungen, trotzdem es 1 Minute über die Zeit einatmete, die das Kontrolltier bis zum Eintritt des grossen Anfalles gebrauchte.

Auf Grund dieser Versuche glaubt Vortragender die gestellte Frage in positivem Sinne beantworten zu können und hält für das wesentliche der Feststellungen, dass durch Ausfall von Schilddrüse und Epithelkörperchen die krampfmachende Komponente der Amylnitritwirkung verstärkt, durch Ausfall von Nebenniere dagegen vermindert wird.

Angeregt durch die Beobachtung, dass sich Tiere mit Störungen im polyglandulaeren Apparat einer bestimmten Wirkung eines Mittels gegenüber anders verhalten als gesunde Tiere, möchte Vortragender diese Art des Experimentierens auch für andere Fragestellungen empfehlen, besonders für die Prüfung von pharmakologischen und toxikologischen Mitteln. Vielleicht wäre es auf diesem Wege möglich, etwas Licht in das innere Wesen der sogenannten Idiosynkrasien zu bringen.

Der Einfluss verschiedener Ionen auf das Ueberleben des Zentralnervensystems von Säugetieren.

(Nach Versuchen von Herrn Gerlach.)

Von

Hans Winterstein-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 14. Februar 1914.

Die systematische Untersuchung der für die Erhaltung des Lebens von Säugetieren am besten geeigneten anorganischen Durchspülungsflüssigkeit ergab in Versuchen an neugeborenen Kaninchen und Katzen, sowie an älteren Meerschweinchen und kurz vor dem Winterschlaf stehenden Igeln, dass eine Lösung, welche lediglich 0,9 % NaCl und ca. 0,05 % $CaCl_2$ enthält, die Nervenzentren am längsten überlebend zu erhalten vermag, und in dieser Hinsicht sowohl der Ringerschen, wie der Tyrodeschen Lösung überlegen ist, von denen sie sich durch das völlige Fehlen des Kaliums und den doppelt so grossen Gehalt an Calcium unterscheidet. Weder das Ca noch das Na der Gerlachschen Lösung kann durch andere Ionen (Ba, Sr, Mg, bezw. Li) ersetzt werden.

Der Einfluss verschiedener Salzlösungen auf den Gaswechsel des Froschrückenmarks.

(Nach Versuchen von Herrn Unger.)

Von

Hans Winterstein-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 14. Februar 1914.

Ca-Salze setzen in jeder, K-Salze erst in hypertonischer Konzentration den O_2-Verbrauch herab. Bei erhaltener Pia

mater bleibt in hypotonischen NaCl-Lösungen bis herunter zu destilliertem Wasser der O_2-Verbrauch unverändert, während er in hypertonischen Lösungen ansteigt. Alle diese Beeinflussungen erweisen sich weitgehend unabhängig von jener der Reflexerregbarkeit. Nach Entfernung der Pia sinkt in hypotonischen Lösungen der O_2-Verbrauch unter starker Aufquellung des Rückenmarkes immer mehr ab, während in hypertonischen Lösungen die sonst zu beobachtende Steigerung desselben ausbleibt. Die Erklärung für diesen merkwürdigen Einfluss der Pia mater liegt darin, dass sie in einem hypotonischen Medium die Aufquellung und die damit verbundene Herabsetzung der Oxydationsprozesse rein mechanisch verhindert, während sie in einem hypertonischen Medium durch ihre relative Impermeabilität für NaCl eine Wasserentziehung veranlasst, die als die Ursache der Oxydationssteigerung anzusehen ist. Nach Abziehen der Pia besteht, wie sich aus Wägungsversuchen ergibt, keine Impermeabilität für NaCl mehr, womit die Wasserentziehung und die dadurch bedingte Steigerung des O_2-Verbrauches in Fortfall kommt.

Narkose und Sauerstoffatmung.

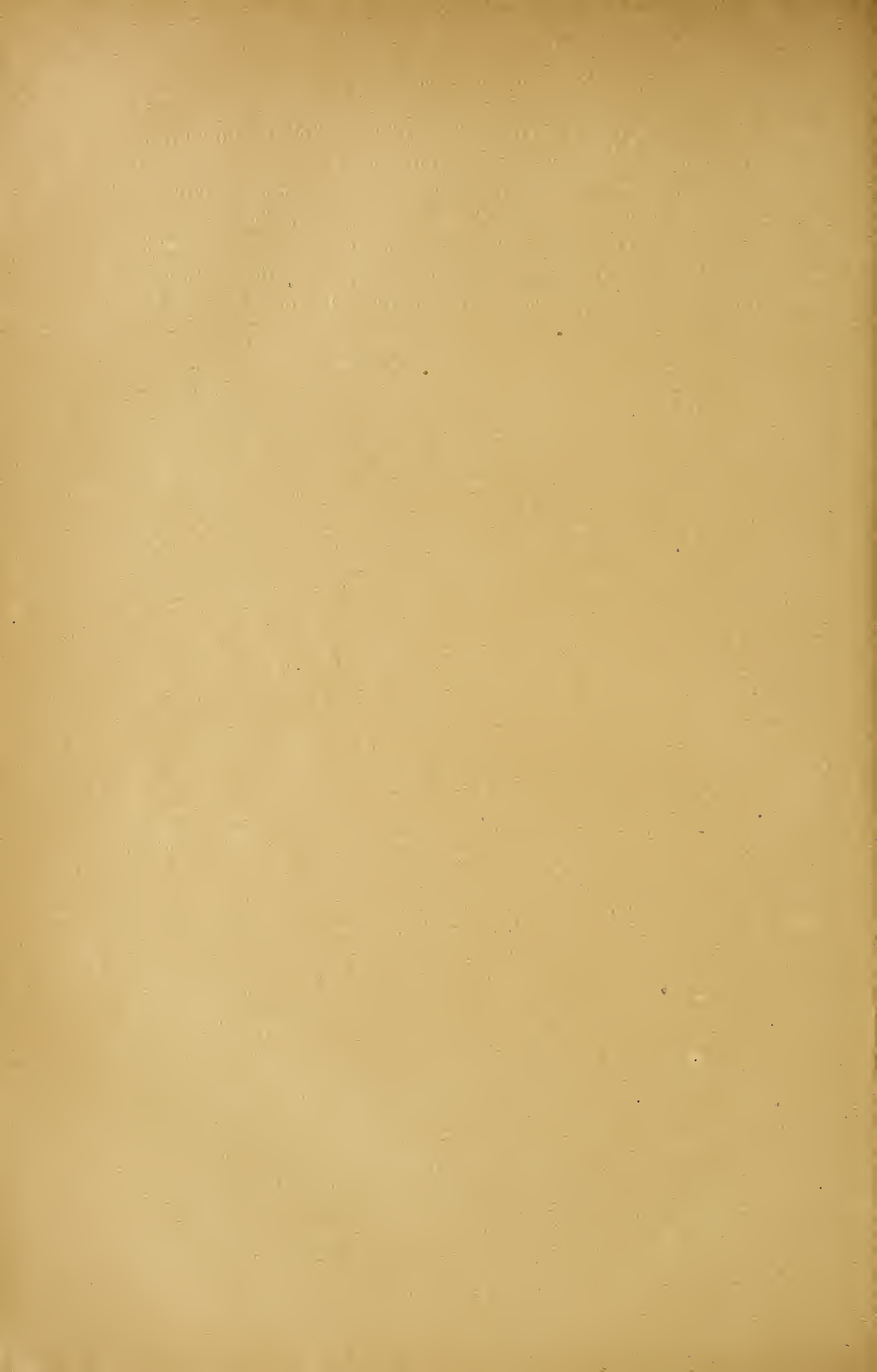
Von

Hans Winterstein-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 14. Februar 1914.

Die Untersuchung des Einflusses von Urethan und Alkohol auf den Gaswechsel des isolierten Froschrückenmarks ergibt, dass der letztere in einer zur völligen Aufhebung der Reflexerregbarkeit ausreichenden Konzentration keine Herabsetzung, sondern meist eine deutliche Steigerung des O_2-Verbrauches herbeiführt. Hierdurch wird jeder Theorie, welche die Narkose auf eine Erstickung durch Behinderung der O_2-Atmung zurückzuführen sucht, auch für die Nervenzentren der Boden entzogen und (ebenso wie in den vorangehenden Versuchen) eine weitgehende Unabhängigkeit der Oxydations- und Erregungsvorgänge erwiesen. Die Tatsache, dass die Nervenzentren nach vorangegangener Erstickung durch O_2-

Mangel sich in Narkose bei O_2-Zufuhr nicht erholen können, ja sogar trotz ständiger O_2-Zufuhr während der Narkose allmählich in einen Zustand von Erstickung zu geraten scheinen, obwohl eine Behinderung der O_2-Aufnahme nicht stattfindet, beweist, dass zwischen die Oxydationsprozesse und die der Erregbarkeit und der Erregung zugrunde liegenden Vorgänge noch andere zwischengeschaltet sind, welche durch die Narkose beeinflusst werden.



Gibt es morphogenetische Nerven und wie verlaufen sie?

Von

F. K. Walter-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 16. Juli 1914.

In Verfolg früherer Untersuchungen, welche zu dem Ergebnis führten, dass die hinteren Extremitäten von Tritonen ohne nervösen Einfluss nicht regenerieren, legte W. sich die Frage vor, welchen Nerven, sensiblen oder motorischen, diese Funktion zugeschrieben werden müsse. Nach den früheren Versuchen von Herbst, die den Nachweis erbrachten, dass bei gewissen Krebsarten die Regeneration des Auges von dem zugehörigen Ganglion abhängig sei, schien es, wenn überhaupt eine bestimmte Nervenart und nicht lediglich die Zahl der Nervenverbindungen bei Tritonen ausschlaggebend für das Einsetzen der Regeneration war, am wahrscheinlichsten, dass auch hier der sensible Anteil der peripheren Nerven der wirksame sei.

Es wurde daher bei einer Anzahl Tritonen die beiden Spinalganglien, die fast ausschliesslich das Hinterbein mit sensiblen Fasern versorgen (das dritte, höher gelegene Ganglion, das nur vereinzelte Fasern für das Hinterbein abgibt, musste aus technischen Gründen in situ verbleiben), exstirpiert und nun abgewartet, bis die motorische Innervation sich wieder gebildet hatte, um dann den Fuss oberhalb der Carpalia zu amputieren. Der Erfolg war völlig negativ, da die Regeneration ohne Störung in normaler Zeit einsetzte und verlief. Da nun der Gedanke nahe lag, dass mit den entsprechenden Ganglien der andern Seite über das Rückenmark eine Verbindung gebildet war, die möglicherweise vikariierend für die fehlenden eintrat, wurden den gleichen Tieren auch jene entfernt. Aber wiederum mit völlig negativem Erfolg!

Danach blieb nur noch eine Möglichkeit übrig, falls der sensible Einfluss überhaupt von Bedeutung war, dass nämlich vermittelst Leitungsbahnen der Medulla die höher gelegenen Spinalganglien den Ausfall der zugehörigen ersetzten. Durch die Durchschneidung des Rückenmarks oberhalb der exstirpierten Ganglien wurde auch diese Verbindung wiederum bei den gleichen Tieren unterbrochen (teilweise wurde eine halbseitige Durchtrennung versucht), und zu gleicher Zeit die Füsse amputiert. Von diesem Augenblick an trat während der über ein viertel Jahr dauernden Beobachtungszeit (normalerweise sind nach 2 Monaten bereits wieder Zehen differenziert) in keinem Fall eine Spur von Regeneration auf, sondern alle Narben überhäuteten sich. Danach ergibt sich folgender Tatbestand:

1. Unterbrechung des Rückenmarks allein hemmt die Regeneration nicht. (Barfurth.)
2. Auskratzung der Medulla, soweit sie für die motorische Innervation der Hinterbeine in Frage kommt, ist ebenfalls ohne Einfluss. (Wolff u. andere.)
3. Entfernung der Medulla samt den Spinalganglien hebt die Regeneration auf. (Wolff, Walter.)
4. Exstirpation der Spinalganglien bei Erhaltung der motorischen Innervation und Unterbrechung der Verbindungen mit höher gelegenen Teilen bedingt ebenfalls Unfähigkeit zur Regeneration. (Walter.)

Aus diesen Tatsachen schliesst W., dass in den Spinalganglien ein morphogenetisches Zentrum für die hinteren Extremitäten gelegen ist.

N. Während der Drucklegung stellte sich bei den Tieren mit halbseitig durchtrenntem Rückenmark die Sensibilität wieder ein und die scheinbar völlig vernarbten Amputationsstümpfe zeigen jetzt deutliche Regenerationsknospen.

[Aus dem pathologischen Institut der Universität Rostock.]
(Direktor: Professor Dr. E. Schwalbe.)

Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung abdomineller Schwangerschaften und über die Möglichkeit operativer Eingriffe beim lebenden Säugetierfetus.[1]

Von
Privatdozent Dr. **Bruno Wolff,**
Assistent am Institut.

Vorgetragen in der Sitzung am 18. Juni 1914.

Die Frage nach den Ursachen einer extrauterinen Schwangerschaft sowie nach den anatomischen und physiologischen Beziehungen zwischen Mutter und Frucht bei einer Einbettung des Eies ausserhalb der Gebärmutter ist in biologischer und praktischer Hinsicht von gleich grossem Interesse.

Dieses Interesse ist neu angefacht worden durch die Erkenntnis, dass das Ei sowohl bei seiner ersten Einbettung wie bei den späteren Ernährungsvorgängen sich nicht, der alten Anschauung entsprechend, vorwiegend passiv verhält, sondern dem mütterlichen Organismus gegenüber eine ausserordentliche Aktivität besitzt. Es gilt dies sowohl für die intrauterine wie für die extrauterine Schwangerschaft; bei der extrauterinen Ansiedlung aber tritt, wie die Untersuchungen von Werth, Füth u. a. gelehrt haben, die Aktivität des Eies ganz besonders deutlich in die Erscheinung.

---

[1]) Die Arbeit wurde mit Unterstützung von Mitteln ausgeführt, die mir im September 1913 seitens des Vorstandes der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte aus der Adelheid Bleichröder-Stiftung bewilligt worden sind.

Während man nun die Vorgänge, die sich im Verlaufe der normalen Gravidität abspielen, ausser beim Menschen auch beim Tiere verfolgen kann, ja die frühesten Stadien der Entwickelung in der Gebärmutter bisher sogar nur beim Tiere beobachten konnte, ist man hinsichtlich aller Fragen, die sich auf die extrauterine Schwangerschaft beziehen, vorläufig fast ganz auf Befunde beim Menschen angewiesen gewesen.

Allerdings kommen Extrauteringraviditäten ausnahmsweise einmal auch bei Tieren vor, und ein einzelner, von Waldeyer beschriebener Fall einer geplatzten Eileiterschwangerschaft bei einem Mantelpavian verdient der besonderen Erwähnung; denn gerade diese einzelne Beobachtung ist ein klassischer Beweis für den Wert solcher Befunde und lässt voraussehen, wie wichtig die Untersuchung eines grösseren Tiermateriales sein könnte. Zu einer solchen systematischen Untersuchung dürfte sich aber, bei der Seltenheit zuverlässiger Beobachtungen, noch nie die Gelegenheit geboten haben.

Es schien deshalb schon der Beschaffung des Materiales für anatomische und physiologische Studien wegen, vor allem aber, um auf diese Weise vielleicht zur Aufklärung der Aetiologie der Extrauteringraviditäten beizutragen, der Versuch berechtigt, dystopische Schwangerschaften bei Tieren experimentell zu erzeugen.

Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich mich seit einer Reihe von Jahren mit Versuchen zur Herbeiführung von Extrauteringraviditäten beschäftigt und im Jahre 1902, gelegentlich der Demonstration eines Präparates in der Berliner Gesellschaft für Geburtshilfe und Gynäkologie, mein damals allerdings nur negatives Resultat kurz berichtet.

Soweit ich aus der Literatur ersehen kann, ist es bisher auch allen anderen Untersuchern, die sich in der gleichen Richtung bemühten, wie Romiti, Tainturier, Mandl und Schmidt, Strahl und Henneberg, Heinsius, Leo Loeb u. a. nicht möglich gewesen, eine extrauterine Ansiedlung eines Eies beim Tiere zu erzielen, mit Ausnahme nur der allerersten Stadien der Entwickelung, die Foà in der Tube beobachtet haben will, und mit Ausnahme eines einzelnen Falles, den Sittner berichtet:

Diesem Autor ist es nämlich bei einem einzigen Kaninchen gelungen, eine sekundäre Abdominalschwangerschaft

experimentell hervorzurufen, eine solche, bei der das Ei ursprünglich im Uterus eingebettet war, dann aber durch den Eingriff zur Ansiedlung in der Bauchhöhle gekommen ist. Sittner hat in diesem Versuch, auf den ich noch zurückkommen werde, die in der Bauchhöhle gefundenen Feten aber nur tot zu Gesicht bekommen.

Ich werde nun im folgenden über eine Reihe seit dem vorigen Jahre von mir ausgeführter Versuche berichten, die zur Entstehung sekundärer Bauchhöhlenschwangerschaften führten und die, wie ich glaube, geeignet sind, zur Lösung einiger, die Pathogenese der Abdominalgraviditäten beim Menschen betreffender Fragen beizutragen.

Bei diesen Versuchen ist es wohl zum ersten Male im Experiment gelungen, in einer Anzahl von Fällen die Feten während ihrer Entwickelung in der Bauchhöhle lebend zu beobachten und ausserdem am lebenden Säugetierfetus die Folgen bestimmter, an seinem Körper vorgenommener operativer Eingriffe wahrzunehmen.

Bei meinen Untersuchungen bin ich von Befunden ausgegangen, die zwar recht selten, aber immerhin schon von Alters her bekannt sind und die verschiedentlich ein Gegenstand der Verwunderung oder des Studiums waren, von den sogenannten „Bauchschwangerschaften der Kaninchen und Hasen“ nämlich, wie sie hin und wieder von Aerzten und Laien zufällig entdeckt wurden.

Auf diese eigentümlichen Beobachtungen muss ich hier etwas näher eingehen:

Von historischem Interesse ist, dass wohl der älteste derartige Fall von Rommel im Jahre 1680 beschrieben wurde. Rommel berichtete damals über einen in seine Hände gelangten Eisack, den ein Jäger in der Bauchhöhle eines Hasen ganz freiliegend gefunden hatte.

Unter den genauer untersuchten Bauchschwangerschaften der Kaninchen oder Hasen aus neuerer Zeit finden sich teils solche, in denen die Schwangerschaftsprodukte, wie in Rommels Fall, ebenfalls freie Körper im Peritonealraum waren, teils solche, in denen das extrauterine Ei in einer typischen Weise durch seine Placenta mit dem grossen Netz in Verbindung stand.

Einen Fall dieser Art, bei dem sogar drei Eier am Netz adhärent waren, fanden wir kürzlich bei einem zu Versuchszwecken nicht benutzten Kaninchen unseres Instituts.

Die Frage nach dem Zustandekommen solcher Trächtigkeiten hat nun zu mancherlei Erörterungen Anlass gegeben:

Kein Geringerer als Johannes Müller hat sich bereits mit dieser Frage beschäftigt und die Vermutung ausgesprochen, dass man es vielleicht mit Ovarialgraviditäten zu tun habe, bei denen die Eier vom Ovarium abgelöst und dadurch zu freien Körpern im Abdomen geworden seien.

Der Hauptpunkt, auf dessen Entscheidung es ankam, war immer der, ob es sich um eine primäre Ansiedlung des Eies auf dem Bauchfell handelte oder ob die Eier ursprünglich im Genitalapparat gesessen hatten und erst nachträglich in den Peritonealraum gelangt sind.

Eine Reihe von Momenten legte den Gedanken an eine primäre Abdominalschwangerschaft jedenfalls sehr nahe:

Für eine solche sprach zunächst, dass der Uterus makroskopisch gewöhnlich vollkommen unversehrt gefunden wurde, so dass man sich nicht vorstellen konnte, wie die Eier aus der Gebärmutter heraus in das Abdomen gelangt sein sollten. Dazu kam die Abwesenheit irgendwelcher entzündlicher Erscheinungen, die man bei der Annahme einer Uterusruptur und der Ausstossung eines grossen Körpers in den Peritonealraum erwarten zu müssen glaubte. Schliesslich deutete die charakteristische Verbindung, die zuweilen zwischen der Placenta und dem Netz bestand, und eine starke Ausbildung zum Fruchtsack verlaufender Gefässe darauf hin, dass das Ei vom Peritoneum aus ernährt und von Anfang an auf ihm implantiert gewesen sei.

Indessen sind durch sorgfältige Untersuchungen einzelner Fälle Tatsachen bekannt geworden, die die Annahme einer primären Ansiedlung des Eies auf dem Bauchfell zu erschüttern geeignet waren:

Eine genaue mikroskopische Durchforschung der Gebärmutter nämlich, die Kamann ausführte, ergab eine Narbe im Uterus, und ähnliche Befunde wurden alsdann auch von anderen Autoren ermittelt. Happe, ein Schüler Strahls, stellte sogar eine Fistel in der Gebärmutter fest.

Solche Veränderungen wiesen darauf hin, dass eine Verletzung des Fruchthalters stattgefunden habe, und demgemäss gelangte Kamann zu dem Schluss, dass die Bauchschwangerschaften der Kaninchen sekundärer Natur und die Folge einer während einer Trächtigkeit spontan aufgetretenen Uterusruptur sind.

Eine weitere Stütze erhielt diese Ansicht durch den schon kurz erwähnten Fall Sittners:

Sittner hat ein trächtiges Kaninchen laparotomiert und von den gut kirschgrossen Eikammern im Uterus zwei durch einen Schnitt eröffnet, die unter der Dottersackhaut befindliche Flüssigkeit alsdann abgelassen und die ca. $^{3}/_{4}$ cm langen Feten ausserhalb der Eiblase luxiert. — Nachdem das Tier 20 Tage darauf zwei lebende reife Junge geworfen hatte, wurde es getötet, und bei der „wenige Stunden später“ vorgenommenen Sektion fand man in seiner Bauchhöhle drei Feten, von denen einer ganz frei lag, während die beiden anderen durch ihre Placenta mit dem Netz verbunden waren.

Sittner nimmt an, dass dieser Befund mit der vorausgegangenen Operation in Zusammenhang stand und dass dem Eingriff eine Weiterentwickelung von Früchten im Bauchraum des Muttertieres gefolgt sei.

Auf Grund solcher Erfahrungen hat insbesondere auch Werth in seiner klassischen Bearbeitung der „Extrauteringravidität“ für das Winckelsche Handbuch, sowie Bland-Sutton und Bonnet die Bauchschwangerschaften der Kaninchen und Hasen auf eine Uterusruptur und eine während einer solchen einsetzende Ueberpflanzung des Eies auf das Bauchfell zurückgeführt.

Immerhin fehlt es bis in die neueste Zeit nicht an Autoren (Blair Bell, Richter), die die entgegengesetzte Ansicht, mindestens für einzelne Fälle, für berechtigt halten. —

Ich komme nunmehr zu meinen eigenen Untersuchungen:

Die Zahl der Versuche, die ich zur Erzeugung primärer und sekundärer Extrauteringraviditäten bei Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten und Mäusen angestellt habe, ist eine recht grosse.

Was die Hervorrufung sekundärer Abdominalschwangerschaften im speziellen anbetrifft, so schien mir das soeben erwähnte Experiment Sittners, das, — obwohl bereits im Jahre 1903 mitgeteilt — vorläufig ein Unikum darstellte und nicht weiter verfolgt worden ist, sehr beachtenswert.

War wirklich in der Beobachtung dieses Autors eine sekundäre Bauchhöhlenschwangerschaft durch Einschnitte in die Gebärmutterhörner erzeugt worden, so musste es auch gelingen, die vorerst jedenfalls noch ziemlich rätselhaft gebliebenen Zwischenstufen aufzufinden, die zu einer so eigentümlichen Ueberwanderung des Eies an eine ganz entfernte Stelle zu führen vermochten.

Vor allem aber kam es darauf an, durch den Augenschein festzustellen, ob sich der Fetus bei einer solchen Verpflanzung tatsächlich lebend erhalten und in der Bauchhöhle normal fortentwickeln kann.

Im Prinzip handelte es sich nun bei meinen hier zu besprechenden Versuchen darum, dass ich bei trächtigen Kaninchen und Ratten ein Uterushorn eröffnete, um dadurch einem Ei oder mehreren Eiern die Möglichkeit zum Austritte in die Bauchhöhle zu verschaffen. Ich habe zu den verschiedensten Perioden der Schwangerschaft operiert und bin dabei hauptsächlich auf zweierlei Art vorgegangen:

Bei den ersten Versuchen pflegte ich nach der Laparotomie den Uterus an einer zwischen zwei benachbarten Eikammern gelegenen Stelle durch einen senkrechten Schnitt zu durchtrennen, dann die Bauchhöhle wieder zu schliessen und abzuwarten, ob und wie das Ei im weiteren Verlauf der Trächtigkeit aus der Gebärmutter austreten würde.

Bei den späteren Versuchen dagegen eröffnete ich den Uterus auf der Höhe einer seiner Fruchtkammern und liess das Ei auf diese Weise sogleich zutage kommen. Dieses Verfahren zeigte sich zur exakten Beobachtung der weiteren Vorgänge als das zweckmässigere.

Am besten erwies sich mir folgende, allmählich ausgebildete und erprobte Technik:

Das Tier muss, um jedes Pressen zu vermeiden, sehr tief, — bis zum völligen Erlöschen der Augenreflexe, — narkotisiert werden. Man operiert in Beckenhochlagerung.

Sobald man, nach Eröffnung der Bauchhöhle, die Fruchtkammern zu Gesicht bekommt, fasst man eine solche behutsam mit der Pinzette und schneidet oder ritzt mit einer feinen spitzen Schere äusserst vorsichtig und ganz oberflächlich die Uteruswand etwa 1 mm weit ein, indem man eine Verletzung des darunter liegenden Eies strengstens zu vermeiden sucht.

Den Eischnitt macht man am antimesometralen Rand des Gebärmutterhorns, der Placenta, die bekanntlich stets mesometral sitzt, gegenüber. Hier (antimesometral) trifft man nur auf feine kapillare Gefässausläufer, und daher kommt, wenn man an dieser Stelle einschneidet, eine nennenswerte Blutung kaum vor, während man weiter mesometralwärts, an der vorderen oder hinteren Wand des Uterus, sehr störende Blutungen zu gewärtigen hat.

Sobald die Uteruswand durch den kleinen Schnitt durchtrennt ist, tritt das Ei in dem Spalt zutage, und die Nabelblasenwand mit dem feinen Netz ihrer Kapillargefässe wird durch den intrauterinen Druck vorgewölbt.

Unter sorgfältigster Schonung der Nabelblasenwand und ihrer Gefässe greift man nun mit zwei sehr gut fassenden Pinzetten die Ränder des kleinen, in die Gebärmutter geschnittenen Loches und reisst oder schneidet die Uteruswand, indem man sie vom Ei ablöst, medial- und lateralwärts so weit ein, bis der Fetus in den Eihüllen und im Fruchtwasser ganz oder zum grossen Teil zutage tritt. Die Placenta bleibt dabei an ihrer Haftstelle sitzen; man lässt sie sich am besten gar nicht erst zu Gesicht kommen.

Der Anblick des auf diese Weise freigelegten Eies mit dem im klaren Fruchtwasser gut sichtbaren Embryo ist ein eigenartiger.

(Es ermöglichen sich dabei ohne weiteres einige physiologische Beobachtungen, so über das Auftreten der ersten spontanen Bewegungen beim apnoischen Fetus.)

Nicht immer ging allerdings die Operation glatt von statten: Häufig habe ich eine Verletzung der Nabelblasenwand, trotz aller Vorsicht, nicht vermeiden können. Zuweilen dürfte das ursprünglich unverletzte Ei noch nach Schliessung der Bauchhöhle geplatzt und dadurch zugrunde gegangen sein.

In zahlreichen Fällen trat fast unmittelbar nach dem Eingriff eine schwere allgemeine Peritonitis auf.

So störend aber auch gerade diese Peritonitiden waren, so haben sie doch andererseits zu einigen noch zu besprechenden, nicht uninteressanten Erfahrungen geführt.

Ich erwähne diese Schwierigkeiten der Experimente, kann aber andererseits betonen, dass in einer grossen Zahl von Fällen der Verlauf ein absolut glatter und günstiger war. Es wurde jede Spur einer Peritonitis vermieden, und es

setzten, was sehr verwunderlich erscheint, gewöhnlich auch keine vorzeitigen Geburtswehen ein.

Die Resultate will ich nun zunächst im Bilde demonstrieren:

Demonstration.

Unter Projektion von Diapositiven werden gezeigt:[1]

A. Fall einer kürzlich bei einem zu Versuchszwecken nicht benutzten Kaninchen zufällig gefundenen Bauchschwangerschaft. 3 Eier mit toten, reifen Feten am Netze adhärent. Uterus und Tuben, ohne Zusammenhang mit den Eisäcken, zeigen makroskopisch keinerlei Veränderungen.

B. Experimentelle Ergebnisse:

1. Fälle, in denen die ins Abdomen verlagerten Feten infolge der Operation abgestorben gefunden wurden.
   a) Fälle ohne Peritonitis.
   b) Fälle mit Peritonitis.
2. Fälle, in denen die ins Abdomen verlagerten Feten ein oder mehrere Tage nach der Operation (in maximo: nach vollen 6 Tagen) **lebend** gefunden wurden.
   a) Fälle, in denen am Fetus selbst nicht operiert worden war.
   b) Fälle, in denen, ausser der Freilegung des Eies auch am Fetus selbst Operationen vorgenommen worden waren. Die Experimente der Gruppe 2b hat Vortragender teils mit Herrn Professor E. Schwalbe, teils mit Herrn Privatdozenten Dr. Hanser gemeinsam vorgenommen. Zu dieser Gruppe gehörig, werden demonstriert:
      α) Umschnürung eines Füsschens. Nach 4 Tagen Fetus lebend. Füsschen geschrumpft, grösstenteils nekrotisch.
      β) Umschnürung einer Extremität im Unterschenkel. Nach vollen 5 Tagen Fetus lebend. An der Umschnürungsstelle endet das Bein mit einem Stumpf. Es ist innerhalb der Eihäute eine Amputation am Unterschenkel eingetreten.
      γ) Umschnürung des Halses. Nach $2^2/_3$ Tagen Fetus lebend. Rumpf bewegt sich kräftig. Kopf unförmig angeschwollen, ödematös, macht schnappende Bewegungen.
      δ) Amputation des Kopfes eines in den Eihüllen freigelegten Fetus. Nach $8^1/_2$ Stunden Muttertier getötet. Der kopflose Rumpf des Fetus lebt, macht kräftige Abwehrbewegungen.

Meine Ergebnisse will ich nun noch einmal im Zusammenhang ins Auge fassen:

Die Versuche zeigen zunächst, dass die bisher meist zufällig gefundenen, sog. Bauchschwangerschaften der

---

[1] In der ausführlichen Arbeit werden die Versuchsprotokolle im einzelnen mitgeteilt werden.

Kaninchen zweifellos sekundärer Natur sein können und in den in der Literatur mitgeteilten Fällen wahrscheinlich immer sekundärer Natur waren.

Wie erwähnt, haben besonders Kamann und Sittner diese Auffassung aus triftigen Gründen bereits vertreten.

Immerhin aber wird der augenfällige Beweis für die Richtigkeit der Annahme doch erst dadurch geliefert, dass wir nunmehr eine fast lückenlose Reihe von Zwischenstufen in die Hand bekommen haben, die die allmähliche Ueberwanderung des Eies aus dem Uterus in die Bauchhöhle, — und in einzelnen Fällen auf das Netz —, vor Augen führen.

Von besonderem Interesse war die direkte Beobachtung, dass der Fetus sich bei dieser Wanderung lebend zu erhalten vermag und dass das Ei somit bei seiner Verpflanzung nicht nur neue Wurzeln fassen kann, sondern auch befähigt ist, vermittelst dieser neuen Wurzeln eine für seine Weiterentwicklung hinreichende Nahrungsmenge aufzunehmen.

Wenn auch in der Mehrzahl meiner Befunde mit lebender Frucht das Ei mit seiner primären Haftstelle noch mehr oder weniger in Zusammenhang gefunden wurde, so war dies doch sicherlich nicht immer der Fall.

Die Frucht kann also auch am Leben bleiben, wenn die Placenta sich vollständig von ihrem ursprünglichen Sitz entfernt hat und wenn zwischen dem mütterlichen Organismus und dem Ei ganz neue Verbindungen geschlagen worden sind.

Es wird nun natürlich weiterhin darauf ankommen, zu untersuchen, in welcher Weise hinsichtlich der feineren histologischen Einzelheiten sich eine solche Wanderung des Eies vollzieht.

Dabei wäre die Frage aufzuwerfen, die für das allgemeine Verständnis der biologischen Beziehungen zwischen Mutter und Kind von Wichtigkeit zu sein scheint, ob sich das Ei bei der in Rede stehenden Ueberpflanzung im wesentlichen nur passiv verhält, oder ob es sich um ein aktives Einwuchern des Eies in den neuen Nährboden handelt. Schickt, so kann man im speziellen fragen, der mütterliche Organismus primär Gefässsprossen vor, die in die Placenta eindringen und den Kreislauf des mütterlichen Blutes in der Placenta unter den ver-

änderten Verhältnissen unterhalten, oder ist das Ei, wenn sein Weiterleben an der Stelle seines physiologischen Sitzes gefährdet ist, befähigt, sich dadurch Nahrungsquellen zu schaffen, dass seine chorioepithelialen Elemente über das gewöhnliche Mass hinaus wuchern und in neue mütterliche Blutbahnen einbrechen? Natürlich könnten beide Prozesse auch miteinander Hand in Hand gehen.

Ohne mich hinsichtlich der Beantwortung dieser Fragen in vorzeitige Hypothesen einzulassen, möchte ich darauf hinweisen, dass nicht nur die neueren Untersuchungen über die sonstige „Aktivität des Eies", sondern auch anderweitige entwicklungsmechanische Gesichtspunkte zum mindesten für eine aktive Mitbeteiligung des Eies bei seiner Ueberpflanzung sprechen.

Insbesondere ist folgendes zu bemerken:

Wenn in einzelnen unserer Experimente makroskopisch sichtbare Gefässe in einer für die Ernährung des Eies wohl zweifellos dienlichen Weise erweitert oder neugebildet waren und zu der an abnormer Stelle sitzenden Placenta hinzogen, so ist es von vornherein wenig wahrscheinlich, dass das Wachstum dieser Gefässe ein primär von der Mutter eingeleiteter Vorgang war. Viel eher lässt sich, auf Grund der Lehre W. Roux', der zufolge die „Ernährung" „eine aktive Leistung des Ernährten" ist, vermuten, dass das Nahrungsbedürfnis des Eies an seiner neuen Haftstelle — also das Ei selbst — den direkten Anstoss oder Anreiz zur Ausbildung dieser das Ei ernährenden Gefässe gegeben hatte.

Uebrigens bringt auch Robert Meyer bei seinen Untersuchungen über die Entstehung der „Placenta marginata s. partim extrachorialis" zum Ausdruck, dass „das Wachstum der Placenta eine Frage des fetalen Nahrungsbedürfnisses" ist.

Im Zusammenhang mit diesen Erörterungen steht die Frage, ob und inwieweit sich überhaupt makroskopisch Reaktionserscheinungen von seiten des Muttertieres, in Gestalt von Entzündungs- und Abkapselungsvorgängen zeigten, wenn ein mehr oder weniger grosses Ei in den Peritonealraum ausgetreten war.

Wie vorhin erwähnt, war es früher bereits aufgefallen, dass bei den zufällig aufgefundenen Bauchschwangerschaften der Kaninchen Entzündungserscheinungen seitens des Bauchfells

zuweilen vollkommen fehlten und dass die Eier oft entweder ganz frei lagen oder lediglich durch Verwachsung ihrer Placenta mit dem Netz in Verbindung getreten waren.

Bei meinen Experimenten sind nun zweierlei Fälle ganz zu unterscheiden, nämlich: erstens der des ungestörten aseptischen Verlaufes und zweitens der des Ausbruches einer schweren allgemeinen Peritonitis.

Im Falle einer allgemeinen Peritonitis bestanden gewöhnlich dicke, fibrinöse Auflagerungen auf den Därmen und dabei oft auch unregelmässige Verklebungen zwischen den Organen der Bauchhöhle und den Schwangerschaftsprodukten.

Bei ungestörtem aseptischen Verlauf dagegen blieben Abkapselungs- und Entzündungserscheinungen (während der Dauer der Beobachtungszeit in meinen Experimenten) meist vollständig aus, ob nun der tote Fetus nach dem Platzen oder Zerreissen der Eihüllen ganz nackt in der Bauchhöhle lag, oder ob sich das Ei unverletzt im Peritonealraum befand, mochte die Frucht in ihm noch am Leben oder bereits abgestorben und maceriert sein.

Die einzige Verbindung zwischen dem Ei und einem extragenitalen Organe des Muttertieres, die sich mit einiger Häufigkeit zeigte, bestand auch hier wieder in der ganz isolierten, äusserst charakteristischen Verwachsung zwischen dem Rande der Placenta und einem Zipfel des grossen Netzes.

Auch diese Tatsachen sprechen meines Erachtens dafür, dass man es nicht mit Vorgängen zu tun hat, die der gewöhnlichen Einheilung eines Fremdkörpers oder entzündlichen Vorgängen an die Seite gestellt werden können. Vielmehr scheinen hier, wo es sich um den symbiotischen Konnex zwischen Mutter und Ei handelt, Verhältnisse spezifischer Art vorzuliegen.

Sehr merkwürdig ist nun, dass die hochgradige Reaktionslosigkeit der Muttertiere gegenüber den in ihrer Bauchhöhle befindlichen Eiern in einem Gegensatz zu älteren Beobachtungen Leopolds steht. Leopold hat nämlich, wie er im Jahre 1881 mitteilte, isolierte Feten und ganze Eier trächtiger Kaninchen auf andere Kaninchen übertragen. Bei diesem Vorgehen fand er auch dann, wenn der Heilungsverlauf, seiner Ansicht nach, ein aseptischer war, regelmässig Abkapselungserscheinungen um den übertragenen Fetus herum ausgebildet.

Es fragt sich, wie sich diese Differenz zwischen Leopolds und meinen Befunden erklärt:

Will man nicht etwa annehmen, dass Leopold auch in diesen scheinbar aseptisch verlaufenen Fällen Infektionen leichterer Art nicht hat vermeiden können, so käme die Möglichkeit in Betracht, dass die Tiere ihren eigenen aseptisch in die Bauchhöhle verpflanzten Schwangerschaftsprodukten gegenüber anders reagieren, als den Früchten eines fremden Tieres gegenüber. Im Hinblick auf die neueren Forschungen über die spezifische Empfindlichkeit gegen Eiweissstoffe mehr oder weniger nahe verwandter Individuen und im Hinblick auf die Erfahrungen bei autoplastischen und homoioplastischen Transplantationen dürfte dieser Punkt jedenfalls im Auge zu behalten sein.

Andererseits stehen meine Erfahrungen hinsichtlich der Veränderungen an den abgestorbenen Feten selbst mit den entsprechenden Ermittelungen Leopolds durchaus in Einklang:

Ganz wie es in meinen Beobachtungen der Fall war, hat nämlich auch Leopold bereits festgestellt, dass bei aseptischem ungestörten Verlauf die abgestorbenen Früchte im Abdomen noch lange nachweisbar bleiben, zwar mehr oder weniger maceriert oder mumifiziert, aber doch mit ziemlich gut erhaltenen Körperformen.

War aber eine allgemeine Bauchfellentzündung eingetreten, so fand Leopold eine ebenso rapide Auflösung oder Skelettierung der Früchte, wie sie in meinen Experimenten bei Peritonitis zutage trat.

Auch hier bedarf es noch der weiteren Untersuchung, um zu ermitteln, welchen bakteriellen, fermentativen oder phagocytären Kräften eine solche in Leopolds und meinen Fällen übereinstimmend beobachtete, äusserst rasche Zerstörung und Aufzehrung der Früchte zuzuschreiben ist.

Ich komme nun zu den Beziehungen zwischen Beobachtungen aus der menschlichen Pathologie und meinen experimentellen Ergebnissen. In Anbetracht der Unterschiede in der Placentation der Nagetiere und des Menschen sind Schlüsse von der Eiansiedlung beim Kaninchen auf die beim Menschen allerdings nur mit Vorsicht zulässig.

Eine Zerreissung der muskulösen und blutreichen Gebärmutter während der Gravidität mit Austritt des Kindes in die Bauchhöhle ist beim Menschen ein so schwerwiegendes Ereignis,

dass es im allgemeinen durch Blutung, Shockwirkung oder Sepsis den Tod der Schwangeren herbeiführt, wenn nicht operativ noch rechtzeitig Hilfe gebracht wird. Es sind aber in der Literatur immerhin wenigstens einige Befunde mitgeteilt, die auch für die Menschen die Möglichkeit des Entstehens einer sekundären Abdominalschwangerschaft nach vorheriger regelrechter Implantation des Eies in der Gebärmutter beweisen. Ein von Leopold beobachteter, ausgezeichnet beschriebener Fall verdient besondere Erwähnung. Leopold fand nämlich bei einer unter der Diagnose der Extrauteringravidität laparotomierten Frau in der Bauchhöhle ein ca. 50 cm langes, maceriertes Kind, das durch seine Nabelschnur mit einer im Uterus adhärenten Placenta in Verbindung stand. In der hinteren Wand des Uterus war ein bei der Operation nur noch etwa 2 cm langer Schlitz vorhanden, durch den die Nabelschnur aus dem Uterus heraus in die Bauchhöhle führte.

Leopold bemerkt dazu treffend:

„Da sich also das Ei seinerzeit normalerweise in der Gebärmutter eingenistet hat, so muss die Frucht im Laufe der Schwangerschaft in die Bauchhöhle geboren und hier weiter ernährt worden sein; es wandelte sich demnach die uterine Schwangerschaft, wenn man so sagen darf, in eine sekundäre Bauchschwangerschaft um."

Zu dieser allerdings beim Menschen vielleicht einzig dastehenden Beobachtung bieten unsere Experimente also geradezu ein Analogon dar.

Nicht sehr selten sind beim Menschen dagegen solche sekundären Abdominalschwangerschaften, bei denen sich das Ei zuvor nicht im Uterus, sondern in der Tube angesiedelt hatte.

So wesentlich dieser Unterschied auch im übrigen sein mag, für das Verständnis der Ueberpflanzung des Eies auf das Bauchfell ist es an sich wohl kaum von prinzipieller Bedeutung, ob die Ueberpflanzung von der Gebärmutter oder ob sie vom Eileiter aus erfolgt ist. Daher lassen sich die beim Kaninchen gewonnenen experimentellen Erfahrungen, mit der durch die Unterschiede in der Placentation gebotenen Vorsicht, auch für das Studium der gewöhnlichen Formen menschlicher sekundärer Abdominalschwangerschaften mit verwerten. Jedenfalls zeigen sie, dass eine diskoidale Placenta, wie sie dem Nagetier sowohl wie dem Menschen zu eigen ist, sei es durch eine Art

aktiver Wanderung, sei es durch passive Verpflanzung einen neuen Nährboden erhalten kann.

Zugleich beweisen die Resultate der Experimente, wie zurückhaltend man mit der Deutung eines klinischen Befundes als primärer Bauchhöhlenschwangerschaft sein muss. Gerade Beobachtungen, in denen beim Weibe das Ei auf einem Netzzipfel implantiert war, schienen einigen Autoren als Beweis für eine primäre Ansiedlung des Eies auf dem Bauchfell gelten zu dürfen. Demgegenüber ergibt sich, dass eine solche Schwangerschaft sehr wohl auch sekundär entstanden sein kann, selbst dann, wenn die Frucht lebend gefunden wurde.

Damit möchte ich das spezielle Gebiet der Extrauteringravidität verlassen und auf einige Punkte eingehen, die die Verwertbarkeit meiner Experimente zur Lösung anderweitiger biologischer Fragen betreffen.

Wie schon gesagt, erlaubt die Freilegung des Eies sogleich einige physiologische Feststellungen. Die sich hierbei darbietende Untersuchungsmöglichkeit darf als eine eigenartige deshalb wohl bezeichnet werden, weil es sich um eine Gelegenheit handelt, den apnoischen, durch den ungestörten placentaren Kreislauf am Leben erhaltenen Embryo oder Fetus längere Zeit hindurch im völlig intakten Eisack direkt unter Augen zu haben und in diesem Zustande an ihm auch bestimmte Versuche auszuführen, z. B. seine elektrische Reizbarkeit in den verschiedenen Stadien seiner Entwickelung zu prüfen u. a.

Einzelne ähnliche physiologische Beobachtungen sind bei dem mit dem mütterlichen Organismus noch in Verbindung stehenden Embryo allerdings auch sonst schon vorgenommen worden, sowohl von älteren Autoren, wie in neuerer Zeit von Runge, Preyer, Cohnstein und N. Zuntz sowie besonders von Engström. Runge sowie Cohnstein und N. Zuntz haben aber in ihren Versuchen, die sie beim Schafe ausführten, das Ei eröffnet, so dass das Fruchtwasser abfloss. Dadurch waren Bedingungen geschaffen, die von den normalen Verhältnissen des embryonalen Lebens wesentlich mehr abwichen, als es in meinen Experimenten der Fall war. Preyer sowie die genannten älteren Autoren und vor allen Engström beobachteten den Fetus nach Eröffnung des Uterus dagegen zwar im Amnion, doch bleibt bei ihren Mitteilungen

zweifelhaft, ob es sich um ein sorgfältiges präparatorisches Vorgehen handelte, das auch die Nabelblasenwand mit ihren Gefässen intakt liess.

Bei meinen Experimenten habe ich, ebensowie die hier erwähnten Autoren, mein Augenmerk im besonderen darauf gerichtet, ob der durch den Placentarkreislauf mit Sauerstoff versorgte Kaninchenfetus Atembewegungen erkennen lässt, deren physiologisches Auftreten beim menschlichen Fetus schon vor längerer Zeit von Ahlfeld behauptet, von Runge und N. Zuntz bestritten, dagegen von Büttner und Reifferscheid bestätigt worden ist.

Ich habe derartige Bewegungen beim Kaninchenfetus, ebensowenig wie Runge, Cohnstein und N. Zuntz beim Schaf, feststellen können, kann aber die Zahl meiner Beobachtungen in dieser Hinsicht noch nicht für ausreichend erachten.

Neue Gesichtspunkte für physiologische Untersuchungen aber ergeben sich aus dem Nachweis, dass sich das ins Abdomen verlagerte Ei nicht nur kurze Zeit hindurch am Leben erhalten lässt, sondern dass es sich nach Schluss der Bauchhöhle ruhig weiter entwickeln kann. Auf Grund dieser Tatsache scheint mir die experimentelle Erzeugung sekundärer Abdominalschwangerschaften ganz besonders geeignet zu sein, um an dem freigelegten, unverletzten Ei Untersuchungen über den Stoffaustausch zwischen Mutter und Frucht, über die extraplacentare Ernährung des Eies, sowie über Herkunft und Schwund des Fruchtwassers anzustellen; denn es bietet sich hier ja ein Mittel dar, das Ei tagelang dem Einfluss der Gebärmutterwand zu entziehen und zu verhindern, dass ein Stoffaustausch auf direktem Wege durch die Gebärmutterwand, unter Umgehung der Placenta, überhaupt stattfinden kann.

Was nun die Operationen am lebenden Säugetierfetus anbetrifft, so ist es früher schon einigen Autoren gelungen, die Entwickelung des Säugetierfetus zu beeinflussen und Entwickelungsstörungen an ihm hervorzurufen.

So haben Strahl und Henneberg beim Kaninchen die Entstehung von Zwergembryonen herbeigeführt, indem sie die Ernährung der Frucht durch Abbinden mütterlicher Gefässe im Mesometrium beeinträchtigten.

v. Hippel und Pagenstecher ferner beobachteten als Folge von Röntgenbestrahlungen das Auftreten von Katarakt, und Pagenstecher zeigte ausserdem, dass trächtige Kaninchen, die mit Naphthalin gefüttert werden, Feten mit Augenmissbildungen verschiedener Art zur Welt bringen.

Von den Arbeiten dieser Autoren unterscheiden sich die Experimente, die ich im Verfolg meiner Untersuchungen über extrauterine Schwangerschaft, wie erwähnt (siehe oben Seite 8), teils mit Herrn Professor E. Schwalbe, teils mit Herrn Kollegen Hanser gemeinsam vorgenommen habe, wesentlich; denn wir konnten streng umschriebene Eingriffe an bestimmten Körperteilen des Fetus ausführen. Wie vorhin demonstriert, wurde ein Füsschen innerhalb der Eihüllen beim weiterlebenden Fetus zur Amputation gebracht, ein Oedem des Kopfes durch Umschnürung des Halses erzeugt und ein Fetus 8½ Stunden nach der Amputation seines Kopfes lebend wiedergefunden.

Da derartige Operationen beim Säugetierfetus meines Wissens bisher nicht gelungen waren, so erweitert sich, wie ich glaube, auf dem in Rede stehenden Wege der Kreis der teratologischen und entwickelungsmechanischen Fragen, deren Lösung experimentell zu versuchen ist; denn es bietet sich die Möglichkeit dar, die Folgen mannigfaltiger Entwickelungsstörungen, die man willkürlich hervorrufen kann, während der fetalen Periode, wie bisher bei niedrigeren Tieren, so auch beim Säugetier zu studieren.

Auf eine Schwierigkeit aber muss ich noch hinweisen: Es ist mir bisher nicht möglich gewesen, ganz junge Embryonen nach der Freilegung des Eies am Leben zu erhalten. Erst wenn die Feten bei ihrer Verlagerung in die Bauchhöhle mindestens etwa 4 cm lang waren, was etwa dem 20. Tage der Trächtigkeit beim Kaninchen — (bei einer Tragzeit von ungefähr 30 Tagen) — entspricht, habe ich die Eier später lebend wiedergefunden.

Immerhin kommt in Betracht, dass die Feten in den letzten 10 Tagen der Schwangerschaft ausserordentlich schnell wachsen und dass eine Beobachtungsdauer, die etwa dem dritten Teil der ganzen Tragzeit entspricht, bei vielen Fragen mehr als ausreichend sein dürfte.

Ob sich durch Verbesserungen des Verfahrens oder bei Verwendung anderer Tierarten auch jüngste Embryonen

zur Weiterentwickelung in der Bauchhöhle werden bringen lassen, müssen künftige Erfahrungen lehren.

Wünschenswert wäre vor allem auch, die zahlreichen Peritonitiden vermeiden zu lernen, mit denen ich es zu tun hatte. —

Damit bin ich am Ende meiner Ausführungen und erwähne nur noch folgendes:

Wenn die hier berichteten Experimente auch gerade beweisen, wie vorsichtig man in der Deutung eines Befundes als primärer Abdominalschwangerschaft sein muss, so ist darum doch keineswegs etwa die Möglichkeit einer primären Abdominalgravidität überhaupt in Abrede zu stellen.

Im Gegenteil, die neueren Untersuchungen über die Aktivität des Eies bei seiner Einbettung im mütterlichen Organismus weisen darauf hin, dass das befruchtete Ei überall da primär Wurzeln zu fassen sucht, wo es sich in einem bestimmten, für seine Ansiedlung geeigneten Furchungsstadium befindet.

Es lohnt sich also wohl der Mühe, weiter zu forschen, ob man nicht doch auch eine primäre extrauterine Schwangerschaft, sei es in der Tube, sei es im Abdomen, beim Tiere experimentell hervorrufen kann.

Jedenfalls hoffe ich, dass meine Untersuchungen eine Anregung dazu geben werden, mehr als bisher in das Gebiet der Extrauteringravidität auf experimentellem Wege einzudringen, auf diese Weise neues Material für entwickelungsmechanische und pathologisch-anatomische Studien herbeizuschaffen und die Aetiologie der dystopischen Schwangerschaften mehr und mehr aufzuklären.

(Die ausführliche Veröffentlichung erfolgt in den „Studien zur Pathologie der Entwickelung"; herausgegeben von Rob. Meyer u. Ernst Schwalbe.)



Neue Versuche zur Wolffschen Linsenregeneration.

Von

Dr. Horst Wachs, Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 14. November 1914.

Die Untersuchungen, über deren Resultate der Vortrag an der Hand von Diapositiven und einigen lebenden operierten Tieren einen kurzen Ueberblick gab, sind im 39. Bande des Archivs für Entwicklungsmechanik von Roux, Seite 384 ff., niedergelegt. Etwa das Nachfolgende bildete den Inhalt der Ausführungen.

Es ist das Verdienst Gustav Wolffs, im Jahre 1893 die Tatsache entdeckt zu haben, dass bei Urodelen nach Exstirpation der normalen Linse eine neue Linse gebildet wird, und zwar aus dem oberen Teile des Irisrandes. Diese Entdeckung erregte deshalb berechtiges Aufsehen, weil sie eine neue Fähigkeit des Organismus enthüllte: die Fähigkeit zur Neubildung eines verloren gegangenen Teiles aus einem anderen Material als demjenigen, das dem betreffenden Teile in der normalen Ontogenese den Ursprung gibt — oder mit anderen Worten: die Neubildung eines Teiles aus anderem als seinem normalen Mutterboden. Bemerkenswerterweise kam Gustav Wolff auf Grund theoretischer Ueberlegungen zu seinem Experiment: er wollte, wie er sagt: „einen Vorgang finden, in welchem eine Zweckmässigkeit primär, d. h. nicht als ererbte auftritt.“ Indem er nach einem entsprechenden Experiment suchte, kam er darauf, einem erwachsenen Organismus die Linse zu exstirpieren. Wollte der Organismus diesen Verlust ersetzen, so stand ihm ja der normale Mutterboden der Linse, die undifferenzierte Haut, nichtmehr zur Verfügung. Wolff fand, dass tatsächlich die verlorene Linse ersetzt wird, und

zwar eben von der oberen Iris aus. Er glaubte hiermit gleichsam das teleologische Wirken im Organismus experimentell bewiesen zu haben, indem der Organismus eine ihm zum ersten Male gestellte Aufgabe durch zielstrebige Wachstumsreaktion beantwortete.

Obgleich die Bilder, die Wolff seiner Arbeit beigab (Arch. Entw.-Mech. Bd. 1), eigentlich jeden Zweifel an der Richtigkeit der Entdeckung ausschlossen, wurde das Experiment doch von Erik Müller und Fischel nachgeprüft in der Hoffnung, die Beobachtung der Regeneration von dem oberen Irisrand zu widerlegen; aber auch diese Versuche brachten das von Wolff mitgeteilte Resultat. Fischel, der die Versuche in mancher Richtung variierte, meinte jedoch auf Grund seiner Ergebnisse annehmen zu müssen, dass es sich bei dieser Regeneration gleichsam nur um die Folgeerscheinungen einer Reizung handle; er dachte sich die Sache etwa so: mit dem Wegfall der Linse fällt auch ein Druck der Linse auf die Iris weg und durch den Durchtritt der Linse durch den Irisring wird die Iris gereizt; sie fängt an zu wuchern und diese Wucherung bildet gerade an dem oberen Rande der Iris ein Knöpfchen oder vielmehr Bläschen, weil dort die Wirkung der Schwerkraft am stärksten ist, und infolge der besonderen Nachbarschaftsbeziehungen, wie Fischel sagt, wird dann aus diesem Bläschen eine Linse. — Inzwischen hatte aber schon Wolff die Tiere in Rückenlage regenerieren lassen — zu seinem eignen Erstaunen bildete sich auch dabei das Regenerat von dem normal oberen Irisrand aus, also entgegen der Schwerkraft. Somit war die Annahme Fischels von einem bestimmenden Einfluss der Schwerkraft widerlegt und es blieb nur noch die Möglichkeit eines auslösenden Einflusses des Wegfalls des Druckes der Linse oder aber der Reizung.

Zu einer anderen Annahme glaubte (1905) Spemann auf Grund seiner Untersuchungen über abhängige und unabhängige Linsenbildung kommen zu müssen: es schien wahrscheinlich, dass bei der Regeneration der Linse spezifische Fähigkeiten des Augenbechers wirksam sein möchten in gleicher Weise, wie sie sich bei der normalen Linsenbildung bei gewissen Arten zeigen: hiernach würde das treibende Moment für die Regeneration der Linse in dem Einsetzen resp. dem Wegfall chemisch wirksamer Faktoren nach Entfernung der Linse liegen. Hier setzten meine Untersuchungen ein.

War es richtig, dass die Reizung der Iris den die Regeneration auslösenden Reiz bildete, so konnte ich hoffen, nach möglichst vorsichtiger Exstirpation keine Regeneration zu erhalten; deshalb operierte ich mit Glasnadeln und ausschliesslich an Larven, teils von Triton cristatus, teils von Triton taeniatus. Nach der Operation ist am lebenden Tier das Fehlen der Linse nur schwer zu erkennen. Trotzdem trat regelmässig Regeneration ein; die Regenerationsdauer ist gleich für gleichalte Larven; solche Larven, die zur Zeit der Operation kurz vor der Metamorphose stehen, regenerieren schneller als jüngere oder noch ältere Larven, ihr Regenerat hat sich schon nach 10 Tagen von der Iris losgelöst. Da die Konstanz der Regeneration in all diesen Fällen darauf hinweist, dass die (höchst geringe) Reizung schwerlich den auslösenden Reiz bildet, wurde nunmehr die Bedeutung des wegfallenden Druckes der Linse resp. einer ev. Sekretion der Linse untersucht.

Zu diesem Zwecke wurde in das linsenlose Auge eine gleichgrosse, mit Paraffin durchtränkte Linse implantiert; obgleich diese Paraffin-Linse nicht dauernd im Auge blieb, sondern allmählich wieder ausgedrängt wurde, zeigte sich doch mit genügender Deutlichkeit eine Verzögerung der Regeneration infolge des mechanischen Druckes der Paraffinlinse auf die Iris.

Um nun die Bedeutung einer ev. Sekretion von seiten der Linse zu untersuchen, wurde in das Auge an Stelle der exstirpierten Linse eine kleinere lebende Linse reïmplantiert. Das Ergebnis war ein verschiedenes, je nachdem, ob diese kleinere Linse sofort wieder ausgedrängt wurde — oder einige Zeit im Auge erhalten blieb und dann ausgestossen wurde — oder aber im Auge selbst zerfiel — oder schliesslich ganz einheilte. Während das Tier bei baldiger Ausstossung der Linse in der normalen Zeit regenerierte, trat eine Verzögerung ein, wenn der Druck der Linse längere Zeit auf die Iris wirkte — eine noch beträchtlichere Verzögerung aber wurde beobachtet, wenn die Linse im Auge selbst zerfiel! Dies weist darauf hin, dass die Linse auch noch während ihres Zerfalles, d. h. nach Wegfall der mechanischen Regenerationshemmung, einen die Regeneration hemmenden Einfluss übt, wahrscheinlich infolge chemischer Wirkungen. Hierbei ist es von Wichtigkeit, dass es sich um eine lebende Linse handelt: wurde an Stelle der lebenden eine in Alkohol abgetötete Linse implantiert und zerfiel diese im Auge, so war die Verzögerung geringer. — Heilte die lebend implantierte Linse ein, so unterblieb jegliche

Regeneration.[1]) Diese Resultate weisen darauf hin, dass sowohl der mechanische Druck der Linse, als auch eine von der Linse ausgehende Sekretion die Regeneration hemmend beeinflussen.

Deshalb handelte es sich nun darum, den zur Regeneration treibenden Kräften im Auge nachzuspüren! Zu diesem Zweck wurde zunächst untersucht, ob es zur Regeneration einer Linse eines zellulären Zusammenhanges des regenerierenden Augenteiles, d. h. der oberen Iris, mit dem Auge bedarf. Es wurde, nach Exstirpation der Linse, ein Stück der oberen Iris abgeschnitten und nach Möglichkeit in die hintere Kammer gedrängt. Es zeigte sich, dass tatsächlich solch ein Stück, frei in der hinteren Kammer liegend, eine vollkommene Linse bilden kann. Im gleichen Auge bildet sich eine zweite Linse von dem stehen gebliebenen Teile der Iris. Somit ist zur Bildung einer Linse ein zellulärer Zusammenhang mit dem Auge nicht nötig!

Nicht immer blieb das Stück so in der hinteren Kammer liegen; es konnte wieder anheilen, oben oder unten, und die Regenerate konnten miteinander verschmelzen; dies führte zur Bildung von charakteristischen „doppelzentrischen“ Linsen. Um dies Anheilen möglichst zu vermeiden, wurde anderen Larven nach Exstirpation der Linse ein Stück obere Iris einer zweiten Larve implantiert; aber auch hierbei konnte das implantierte Stück wieder anheilen und es bildeten sich in einem Falle drei getrennte Regenerate, in anderen doppelzentrische Linsen.

Da nach dem obigen ein zellulärer Zusammenhang mit dem Auge nicht nötig ist, ergaben sich logischerweise zwei Möglichkeiten: entweder stecken in solch einem oberen Irisstück alle Fähigkeiten zur Bildung einer Linse drin — oder es gehen vom Auge Einflüsse aus, die aber wohl nurmehr chemische Sekrete sein können.

Um diese Frage zu lösen, wurden aus den Augen sehr junger Larven obere Irisstückchen herausgeschnitten und in die Labyrinthregion einer anderen Larve implantiert. Bei 8 Tieren hatten sich diese Stückchen nach 15—54 Tagen sehr gut entwickelt, ohne Linsen- oder Linsenfaserbildung zu zeigen. In all diesen Fällen war obere Iris mit nur wenigen oder gar keinen Zellen der retinalen Partie verpflanzt worden. (Es handelte sich

[1]) In diesem Falle wuchs die kleinere Linse im älteren Tiere schneller als ihre Schwesterlinse im jüngeren Tiere; auch eine art- und sogar gattungsfremde Linse konnte einheilen.

um Larven, die die Eihüllen oft noch nicht verlassen hatten.) In 6 Fällen waren eine grössere Anzahl retinaler Zellen mittransplantiert und das Ganze hatte sich zu einem kleinen Aeugchen zurechtgebildet: in vier Fällen zeigten diese Transplantate, nach kürzerer Zeit, Lentoïde, in zwei Fällen eine kleine Linse. Hieraus folgt, dass ein Irisstückchen nicht aus sich selbst zur Linsenbildung fähig ist, sondern nur unter dem Einfluss von Zellen der retinalen Partie. Nach obigem aber wird dieser Einfluss ein sekretorischer sein!

Als bemerkenswertes Nebenresultat zeigte sich, dass die Retina nicht nur solch einen linsenbildenden Einfluss übt; in zwei Fällen, in denen das implantierte Stück dicht unter der Haut lag, zeigte die Haut in einem runden Bezirk eine corneaähnliche Aufhellung und im Schnitt auch histologische Aehnlichkeiten mit einer sich bildenden Cornea. In einem anderen Falle bildeten sich in einem von der Haut einwachsenden Epithelzapfen, dort, wo er mit dem implantierten Stück zusammen im Labyrinth eingeschlossen war, konzentrisch geschichtete Linsenfasern.

Die durch diese Resultate sehr wahrscheinlich gemachte Annahme eines von Zellen der retinalen Partie des Auges ausgehenden linsenbildenden Einflusses würde uns noch andere, bei der Linsen- resp. Linsenfaserbildung gemachte Beobachtungen erklären. Bei der normalen wie bei der gewöhnlichen regenerativen Bildung einer Linse beobachten wir als Jugendstadium die Bläschenform; ein von der retinalen Partie des Augenbechers ausgehendes Sekret würde die innere Wand dieses Bläschens am stärksten treffen und somit hier, wie es der Fall ist, Linsenfaserbildung auslösen müssen; wirkt aber das gleiche Sekret auf linsenbildungsfähige Zellen, die nicht in Bläschenform, sondern kompakt angeordnet sind, so würde hier in allen Zellen gleichermassen die Umbildung in Linsenfasersubstanz eintreten müssen — wie wir es z. B. in dem oben erwähnten Epithelstrang sehen und ebenso in meinen wie Fischels Lentoïden!

Wenn aber solch ein linsenbildender Einfluss von Zellen der retinalen Augenpartie ausgeht, weshalb wirkt er nicht dauernd linsenauslösend? Die Antwort ist schon durch anfangs mitgeteilte Untersuchungen gegeben: eine Antisekretion der Linse hindert die dauernde Linsenneubildung oder, mit anderen Worten: die Bedeutung der Linsenexstirpation liegt in der mit der Linse wegfallenden Sekretion! Wenn dies richtig ist, so darf, gelänge die Implantation oberer Irisstückchen in ein Auge mit Linse, an

diesen Stückchen keine Regeneration eintreten! Ich machte auch diesen Versuch und das Resultat entsprach genau der Erwartung: keine Regeneration an den Stückchen bei erhaltener Linse, nachträgliches Einsetzen der Regeneration bei nachträglichem Zerfall der Linse.

Ausserdem konnte ich noch eine Larve zeigen, an welcher, entgegen den Voraussetzungen Wolffs, diese gleiche Art der Linsenregeneration eingetreten war, ohne dass das Tier operiert wurde — offenbar nach Verletzung des Auges in Freiheit.

Ueber neuere aromatische Arsenverbindungen.

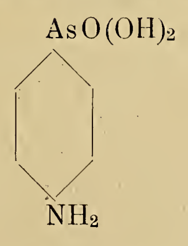
Von

A. Michaelis-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 12. Juni 1915.

Seitdem durch die Entdeckung des Salvarsans die aromatischen Arsenverbindungen therapeutisch von Interesse geworden sind, ist dies Gebiet der organischen Chemie von einer grossen Zahl von Chemikern bearbeitet worden. Charakteristisch für diese Untersuchungen ist es, dass man die Ergebnisse derselben mehr in Patentschriften als in wissenschaftlichen Zeitschriften zu suchen hat.

Die aromatische Arsinsäure, von der Ehrlich ausging, war das Atoxyl, das nach der Reaktion von Béchamp durch Erhitzen von arsensaurem Anilin erhalten wird. Béchamp hielt diese Verbindung für ein Anilid der Arsensäure, während Ehrlich zeigte, dass sie das Aminoderivat der von mir zuerst dargestellten Phenylarsinsäure ist und den Aminorest in p-Stellung enthält:

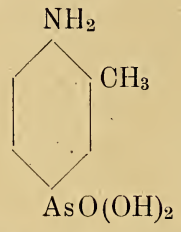


Die Säure wird auch als Arsanilsäure bezeichnet. Sie entsteht nach der Gleichung:

$$NH_2C_6H_4 \cdot \boxed{H + HO} AsO(OH)_2 = NH_2C_6H_4AsO(OH)_2 + H_2O.$$

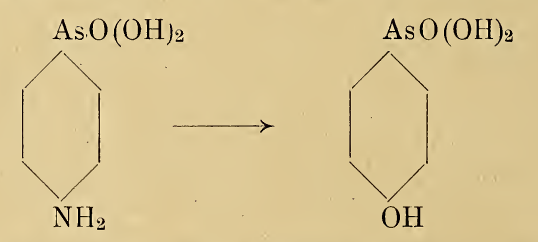
Diese Reaktion wurde nun zunächst auf ihre Allgemeinheit hin untersucht, indem zahlreiche andere aromatische Basen wie p- und o-Toluidin, Naphylamine, Chlor- und Nitroaniline mit Arsen-

säure verschmolzen wurden. In der Tat wurden so dem Atoxyl analoge Körper erhalten. Bekanntlich dient auch das Schmelzen von Arsensäure mit Anilin und den Toluidinen zur Darstellung von roten Anilinfarbstoffen, wie Fuchsin. Es ergab sich, dass auch bei dieser Schmelze, wenn auch in geringer Ausbeute, aromatische Aminoarsinsäuren entstehen. Ich hebe von diesen Körpern die von Adler[1]), sowie von Benda und Kahn[2]) dargestellte 1., 3., 4. Aminomethylarsinsäure



auf die ich später noch zurückkommen werde, hervor.

Durch Diazotieren liessen sich aus diesen Aminosäuren die entsprechenden Phenolsäuren oder Oxyphenylarsinsäuren erhalten:



Sie bilden sich mit geringer Ausbeute auch beim Schmelzen von Phenol mit Arsensäure:

$$HO \cdot C_6H_4H + HOAsO(OH)_2 = HO \cdot C_6H_4AsO(OH)_2 + H_2O.$$

Zur Darstellung der einfachen Arsinsäuren dienten bisher hauptsächlich die von mir und meinen Schülern ausgearbeiteten Methoden der Oxydierung von aromatischen Chlorarsinen mit Wasser und Chlorgas oder mit Wasserstoffsuperoxyd, wobei die Chlorarsine entweder durch Erhitzen von Arsentrichlorid mit aromatischen Quecksilberverbindungen:

$$Hg(C_6H_5)_2 + 2AsCl_3 = HgCl_2 + 2C_6H_5AsCl_2$$

oder durch längeres Erhitzen der tertiären aromatischen Arsine

---

[1]) Ber. **41**, 931.
[2]) Das. **41**, 3859.

mit Arsentrichlorid im Ueberschuss im Einschmelzrohr gewonnen wurden:

$$(C_6H_5)_3As + 2\,AsCl_3 = 3\,C_6H_5AsCl_2.$$

Ein erheblicher Fortschritt in der bequemen Darstellung solcher aromatischen Arsinsäuren ist neuerdings von Heinrich Bart[1]) in Bad Dürkheim aufgefunden und diesem patentiert. Sie besteht in der Einwirkung von arsenigsaurem Natrium auf Diazoverbindungen.

Es ist ja bekannt, dass durch Einwirkung von salpetriger Säure auf salzsaures Anilin die drei am 5 wertigen Stickstoff gebundenen Wasserstoffatome durch ein 3 wertiges Stickstoffatom ersetzt werden:

$$C_6H_5\overset{V}{\underset{H_3}{N}}\cdot Cl + NO\cdot OH = C_6H_5\underset{\overset{|||}{N}}{N}\cdot Cl + 2\,H_2O$$

Man erhält so das Benzoldiazoniumchlorid oder Diazobenzolchlorid. Dieser Körper ist nun, wie alle Diazoverbindungen, sehr unbeständig, schon beim Erwärmen mit Wasser gibt er allen Stickstoff ab und geht in Phenol über.

$$C_6H_5N_2\cdot\boxed{Cl + H}OH = HCl + N_2 + C_6H_5OH.$$

Eine ähnliche Umsetzung zeigt diese Verbindung mit einer ganzen Reihe von Körpern und unter anderen auch mit arsenigsaurem Natrium oder Natriumarsenit, namentlich bei Gegenwart von freiem Alkali.

Dem gewöhnlichen weissen Arsenik entspricht bekanntlich als kleinster Ausdruck die Formel As_2O_3. Hiervon leiten sich durch Hydroxylierung hauptsächlich zwei Säuren ab,

$AsO\cdot OH$ oder $HAsO_2$ die metarsenige Säure
und $As(OH)_3$ oder H_3AsO_3 die orthoarsenige Säure.

Beide existieren nicht als solche, sondern nur in Form von Salzen wie $NaAsO_2$ arsenigsaures Natrium und Ag_3AsO_3 arsenigsaures Silber. Die orthoarsenige Säure entspricht der phosphorigen Säure H_3PO_3. Von dieser ist aber sicher nachgewiesen, dass sie in ihren Salzen nicht die Konstitutionsformel $P(OH)_3$ mit 3 wertigem Phosphor, sondern $H\overset{V}{P}O(OH)_2$ mit 5 wertigem Phosphor besitzt.

[1]) D. R. P. 250264. Chem. Centralbl. 1912, II, 882.

Wahrscheinlich reagiert nun auf die orthoarsenige Säure in dieser Form $H \cdot AsO(OH)_2$. Danach können wir das Natriumsalz bei Gegenwart von freiem Alkali auch $NaAsO(ONa)_2$ schreiben $= NaAsO_2 + 2NaOH - H_2O$, eine Formel, die auch nach der sogenannten Meyerschen Reaktion, nach der sich durch Einwirkung von Jodalkylen auf dies Salz aliphatische Arsinsäuren bilden, wahrscheinlich ist. Nun kann man leicht die Wirkung des Diazobenzolchlorides auf das Natriumarsenit, bei Gegenwart von freiem Natron übersehen:

$$C_6H_5N_2Cl + NaAsO(ONa)_2 = NaCl + N_2 + C_6H_5AsO(ONa)_2.$$

Es wird also so das Natriumsalz der Phenylarsinsäure entstehen. Es finden allerdings dabei auch Nebenreaktionen statt, wie schon aus der starken Harzbildung hervorgeht. Zur Isolierung der Arsinsäuren und zur Trennung von Arsensäure benutzt man ihr Verhalten zu einer ammoniakalischen Lösung von Chlormagnesium, sogenanntem Magnesiumgemisch. Dieses fällt Arsensäure bekanntlich schon in der Kälte als arsensaures Ammonium-Magnesium, nicht aber die Arsinsäuren. Erhitzt man das Filtrat aber bis zum Sieden, so fällt sämtliche Arsinsäure als Magnesiumsalz aus. Diesem Verhalten entsprechend filtriert man die Lösung des nach obiger Gleichung gebildeten arsinsauren Natriums von dem als nicht angenehmes Nebenprodukt entstandenen dunklen Harz ab, versetzt das Filtrat mit 30 %igem Wasserstoffsuperoxyd, um alles nicht veränderte Natriumarsenit in Natriumarseniat zu oxydieren und verfährt dann unter Zusatz von Magnesiumgemisch wie oben angegeben. Das abgesaugte und mit heissem Wasser gewaschene Magnesiumsalz wird durch Salzsäure zerlegt.

Ich war anfangs etwas ungläubig gegen diese Angaben, habe mich aber durch Versuche überzeugt, dass man so z. B. die p- und o-Tolylarsinsäuren, namentlich die erstere, mit guter Ausbeute erhält.

Im einzelnen verfährt man z. B. zur Darstellung der Tolylarsinsäuren folgendermassen[1]:

53 g o- oder p-Toluidin werden in 500 ccm Wasser und 165 ccm konzentrischer Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1.19 gelöst und bei $+ 5^0$ mit einer Lösung von 35 g käuflichem Natriumnitrit in 140 ccm Wasser diazotiert. Zu dieser Lösung lässt man eine solche von 130 g Natriumarsenit in 260 ccm Wasser langsam zufliessen und tropft hierauf unter Anwendung einer Turbine noch

[1]) Vgl. P. Karrer, Ber. **48**, 310.

eine Lösung von 40 g Aetznatron in soviel Wasser, dass das Gesamtvolumen 100 ccm beträgt, hinzu. Dieses Reaktionsgemisch wird einige Stunden stehen gelassen, wobei sich unter starkem Schäumen Stickstoff entwickelt, dann von dem abgeschiedenen Harz abgegossen, mit 300 ccm konzentriertem Ammoniak versetzt und durch Zufügen von 75 ccm 30 %igem Wasserstoffsuperoxyd das noch unveränderte Arsenit oxydiert. Hierauf gibt man eine Lösung von 54 g Magnesiumoxyd in 10 %iger Salzsäure, die mit 72 g Chlorammonium und etwas Ammoniakflüssigkeit versetzt und auf 2 l verdünnt ist, hinzu, wodurch alle in der Flüssigkeit vorhandene Arsensäure ausgefällt wird. Von diesem Niederschlag wird abgenutschst und das klare Filtrat zum Sieden erhitzt, wobei das in der Hitze schwer lösliche Magnesiumsalz der Arsinsäuren ausfällt. Es wird abgenutscht, mit heissem Wasser, Alkohol und Aether ausgewaschen.

Zur Gewinnung der freien Säure wird das Magnesiumsalz mit Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1.12 und zwar für jedes g des Salzes 1 ccm Säure erhitzt, wobei das Salz der p-Säure völlig in Lösung geht, während sich bei der o-Säure ein dickes, rotes Oel ausscheidet. Die beim Erkalten kristallinisch ausgeschiedenen Säuren werden abgenutscht, auf Ton abgepresst und aus heissem Wasser umkristallisiert.

H. Bart hat nach dieser Methode eine grosse Anzahl von Arsinsäuren dargestellt, auch substituierte Säuren, wie die o-Benzarsinsäure, vermittelst diazotierter Anthranilsäure oder o-Aminobenzoesäure. Auch halogensubstituierte Arsinsäuren verschiedener Art lassen sich so erhalten.

Von grossem Interesse ist es ferner, dass in einige aromatische Körper das Arsen als Rest des Arsentrichlorides oder der Arsensäure sich sehr leicht direkt bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur einführen lässt.

So habe ich schon früher gezeigt, dass Arsentrichlorid direkt auf Dimethylanilin unter Austritt von Salzsäure einwirkt.

$$(CH_3)_2N \cdot C_6H_4 \cdot \boxed{H + Cl} AsCl_2 = HCl + (CH_3)_2N \cdot C_6H_4AsCl_2$$

Nach der Angabe der Firma Böhringer in Waldshut[1]) bei Mannheim wirkt in ähnlicher Weise Arsensäure direkt auf ein Indolderivat, das α-Methylindol oder Methylketol, ein.

[1]) D. R. P. 240793.

$$C_8H_5N \cdot \overline{C|H + HO|}AsO(OH)_2 \; (C \cdot CH_3,\ NH) = C_8H_5N \cdot AsO(OH)_2 \; (CH_3,\ NH) + H_2O$$

Nach einer neuerlichen Mitteilung aus dem Laboratorium von Ehrlich von Hugo Bauer[1]) wirkt in gleicher Weise die Arsensäure schon in wässeriger Lösung auch auf Resorein ein.

$$C_6H_3(OH)(OH)H + HO \cdot AsO(OH)_2 = C_6H_3(OH)(OH)AsO(OH)_2 + H_2O$$

Morgan und Micklethwait[2]) haben das Arsen auch in den Kampfer eingeführt, indem sie auf eine Natriumverbindung des Kampfers in Toluolsuspension Arsentrichlorid einwirken liessen. Durch Ausziehen mit Alkali und Fällen mit Salzsäure erhielten sie so eine Dicamphorylarsinsäure.

$$C_8H_{14}\left\langle\begin{matrix} CH \\ | \\ CO \end{matrix}\right. - \begin{matrix} AsO \\ | \\ OH \end{matrix} - \left.\begin{matrix} CH \\ | \\ CO \end{matrix}\right\rangle C_8H_{14}$$

Diese Reaktion ist nur verständlich, wenn man annimmt, dass zuerst eine Verbindung mit dem Rest AsCl oder As(OH) entsteht, die unter gleichzeitiger Reduktion eines Moleküls Kampfer in eine Arsinsäure übergeht.

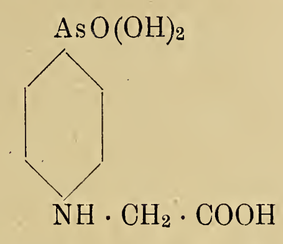
Sie sehen also, arsenhaltige Radikale lassen sich auf die mannigfaltigste Weise in die aromatischen Verbindungen einführen, und zwar häufig ebenso leicht wie die hundertfach untersuchten Radikale OH, SH, NO_2, NH_2, SO_2, OH usw. Auch sind die arsenhaltigen Verbindungen sehr gut charakterisierte, vielfach sehr beständige und schön kristallisierte Körper.

Die Arsinsäuren haben nun eine sehr verschieden starke Giftwirkung. Die Einführung mancher Atomgruppen, z. B. des

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. **48.**

[2]) Chem. Soc. J. **93**, 2146.

Glyzinrestes, so dass also eine Säure von der Zusammensetzung



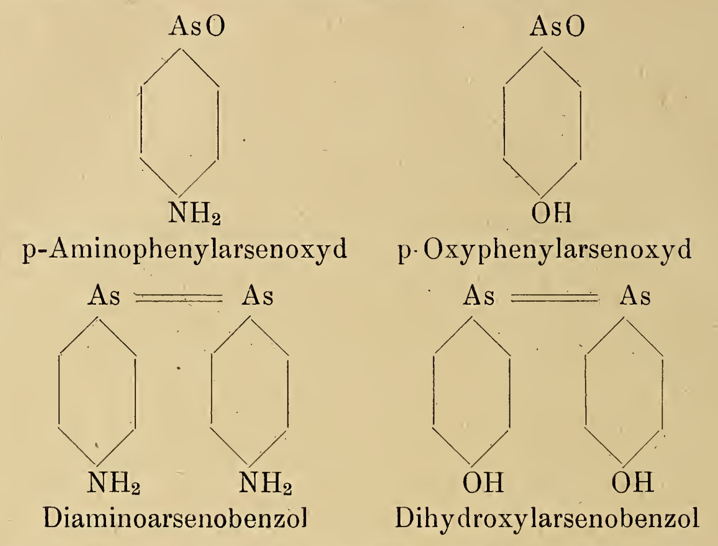
entsteht, vermindert die Giftigkeit sehr. Die Einführung der Sulfogruppe in das Atoxyl bezw. die p-Aminophenylarsinsäure macht dies sogar nach Ehrlich weniger giftig als Kochsalz. Aber damit geht Hand in Hand eine sehr geringe Wirkung auf die Trypanosomen oder Spirillen, so dass diese Säuren nicht mehr heilkräftig sind.

An die Arsinsäuren mit 5wertigen Arsen schliessen sich nun zwei niedere Oxydationsstufen, beide mit 3wertigen Arsen an, die ich bei meinen Untersuchungen über aromatische Arsenverbindungen zuerst auffand. An die Phenylarsinsäure schliessen sich z. B. an

$\overset{V}{C_6H_5AsO(OH)_2}$	$C_6H_5\overset{III}{As}O$	$C_6H_5\overset{III}{As} = \overset{III}{As}C_6H_5$
Phenylarsinsäure	Phenylarsenoxyd	Arsenbenzol

Die Arsenoxyde sind nun sehr viel giftiger als die Arsinsäuren, ebenso auch die Arsenobenzole, wenn diese auch weniger giftig sind als die Arsenoxyde. Im allgemeinen sind also die Verbindungen mit 5wertigen Arsen weniger giftig als die mit 3wertigen. Aber diese Verbindungen mit 3wertigen Arsen sind auch viel wirksamer gegen die Trypanosomen. Das Atoxyl ist z. B. beim Versuch in vitro auf die Trypanosomen ohne Wirkung. Da andererseits die sterilisierende Wirkung des Mittels im Körper trotz der grossen Verdünnung, die es im Blut erfährt, feststeht, so wird die Vermutung naheliegend, dass es im Organismus weiter verändert wird, ehe es seine antiparasitäre Wirkung entfalten kann. Der Organismus vermag aber stark reduzierend zu wirken, wie er andererseits auch oxydieren kann. Kakodylsäure wird z. B. bei Versuchstieren zu Kakodyl reduziert. Es war also auch sehr wahrscheinlich, dass die Arsinsäuren im Organismus zu Arsenoxyden oder Arsenoverbindungen reduziert würden. Demgemäss stellte Ehrlich bei seinen Untersuchungen den Grundsatz auf, dass man dem Organismus die Reduktionsarbeit abnehmen müsse.

Das Atoxyl oder die Arsanilsäure sowohl als auch die p-Oxyphenylarsinsäure liessen sich leicht zu den entsprechenden Arsenoxyden und Arsenoverbindungen reduzieren.

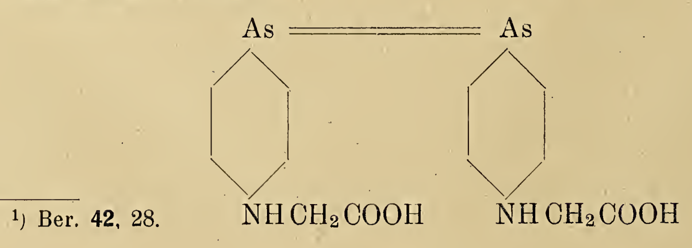


Die Giftigkeit dieser Verbindungen bezw. die letale Dose wird nach Ehrlich[1]) durch folgende Zahlen ausgedrückt:

	Arsinsäuren Nasalz	AsO verb.	Arsenoverb.
1. NH_2	1 : 200	1 : 15000	1 : 6000
2. OH	1 : 75	1 : 13000	1 : 1000
3. $NHCH_2COOH$	1 : 20	1 : 1000	1 : 70

Hierbei ist der Verdünnungsgrad angegeben, von der gerade 1 ccm eine Maus von 20 g Gewicht tötet.

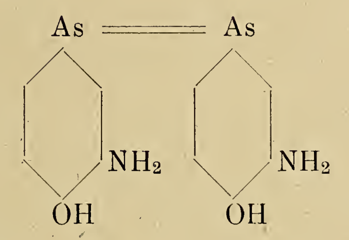
Es ist also danach das p-Aminophenylarsenoxyd 75 mal giftiger als die Arsinsäure und das Diaminoarsenobenzol 30 mal giftiger als diese, das Oxyphenylarsenoxyd ist gar 170 mal giftiger als die Arsinsäure. Bemerkenswert ist die geringe Giftwirkung des Diglyzinarsenobenzols.



[1]) Ber. **42**, 28.

Diese stärker giftigen Reduktionsprodukte zeigen nun im Reagensglas eine ganz kolossal abtötende Wirkung gegenüber den Trypanosomen. Am stärksten ausgesprochen ist diese Wirkung ebenso wie bei der Giftigkeit überhaupt bei dem p-Oxyphenylarsenoxyd, von dem noch Lösungen von 1 : 10 Millionen in einer Stunde Trypanosomen abtöten, während eine 1—2 %ige Lösung des p-oxyphenylarsinsauren Natriums nicht auf die Trypanosomen abtötend wirkt. Die Wegnahme von 1 Atom Sauerstoff von dem Molekül der p-Oxyphenylarsinsäure hat also eine so kolossale Verstärkung der Wirkung, eine Verstärkung um das hunderttausendfache zur Folge.

Viel weniger giftig ist das Dihydroxylarsenobenzol, aber doch noch beinahe 14 mal so giftig als die Arsinsäure. Diese Giftigkeit wird nun bekanntlich durch einen Eintritt einer NH_2-Gruppe in ortho-Stellung zum Hydroxyl sehr vermindert, ohne dass die Wirkung auf die Trypanosomen aufgehoben wird. Es entsteht dann das Salvarsan, das so grossen Erfolg bei der Behandlung der Syphilis aufzuweisen hat.



Beiläufig bemerke ich noch, dass jetzt vielfach auch das Neosalvarsan angewandt wird, das als leicht in Wasser lösliches Natriumsalz in den Handel kommt. Es ist ein Kondensationsprodukt mit einer eigentümlichen Säure des Schwefels, die als Sulfoxylsäure bezeichnet wird und ein Atom Sauerstoff weniger enthält als die schwefelige Säure:

H_2SO_3 schwefelige Säure,
H_2SO_2 Sulfoxylsäure.

Sie kommt nur in Verbindung mit Formaldehyd vor. Reduziert man saures Natriumsulfit bei Gegenwart von Formaldehyd mit Zinkstaub, so erhält man den sogenannten Rongalit, der grosse wasserhelle Kristalle bildet und in der Färberei beim Küpen an-

gewandt wird. Er hat die Zusammensetzung $HNaSO_2 + CH_2O + 2\,H_2O$. Um uns die Konstitution des Neosalvarsans klar zu machen, gehen wir von einem hydroxylierten Formaldehyd aus:

$$CH_2O + H_2O = HC\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}\quad(\text{am C: } H)$$

Dieses kondensiert sich mit Sulfoxylsäure unter Austritt von Wasser:

$$HC\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}\ (\boxed{H}) + S\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown \boxed{OH} \end{matrix} = HC\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}\ (|\ S-OH) + H_2O$$

Das so gebildete Kondensationsprodukt tritt nun mit der NH_2-Gruppe des Salvarsans zusammen:

$$HC\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}\ (|\ S(OH)) + R \cdot NH_2 = HC\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown NH \cdot R \end{matrix}\ (|\ SOH) + H_2O$$

Wir haben also zwei Verbindungen:

$$\begin{matrix} As & = & As \\ C_6H_3(OH)\,NH \cdot CH(OH) \cdot SOH & & C_6H_3(OH)\,NH \cdot CH(OH) \cdot S(OH) \end{matrix}$$

und

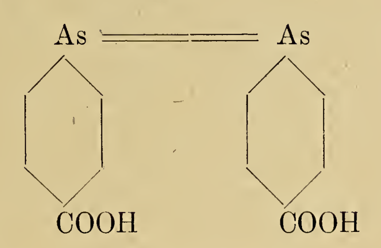
$$\begin{matrix} As & = & As \\ C_6H_3(OH)\,NH \cdot CH(OH) \cdot SOH & & C_6H_3(OH)\,NH_2 \end{matrix}$$

Das Natriumsalz der letzteren Verbindung ist das Neosalvarsan.

Es waren also, wie wir gesehen haben, Hydroxyl- und Aminoderivate des Arsenobenzols dargestellt und eingehend untersucht. Dagegen waren viel weniger die Karboxylderivate bekannt. Es schien mir deshalb nicht uninteressant zu sein, ein Dikarboxylarsenobenzol oder eine Arsenobenzoesäure

$$\begin{array}{l} As \cdot C_6H_4 \cdot COOH \\ \| \\ As \cdot C_6H_4 \cdot COOH \end{array}$$

und zwar zunächst die p-Verbindung



darzustellen und diese mit dem Hydroxyl und Aminoderivaten zu vergleichen. Diese Verbindung interessierte mich auch persönlich deshalb, weil sie ein einfaches Derivat des von mir zuerst dargestellten Arsenobenzols ist.

Zur Gewinnung der p-Arsenobenzoesäure ging ich von der p-Benzarsinsäure, $C_6H_4\left\langle\begin{array}{l}COOH\\AsO(OH)_2\end{array}\right.$, aus, die zuerst von La Coste[1]) durch Oxydation der p-Tolylarsinsäure mit übermangansaurem Kalium erhalten wurde. Wie ich später zeigte[2]), erhält man sie bequemer durch Erhitzen der p-Tolylarsinsäure mit verdünnter Salpetersäure im Einschmelzrohr.

Zur Darstellung der Säure erhitzt man je 3 g der p-Tolylarsinsäure mit 40 ccm Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1.2 12 Stunden im Einschmelzrohr auf 150°. Beim Erkalten der Rohre scheidet sich die gebildete Benzarsinsäure kristallinisch aus und kann durch einfaches Abfiltrieren und Auswaschen mit kaltem Wasser nahezu rein erhalten werden. Das von einer kleinen Menge eines Nebenproduktes gelb gefärbte Filtrat wird eingedampft und der Rückstand wiederholt mit kleinen Mengen von Wasser ausgewaschen. Es hinterbleibt dann auf dem Filter ebenfalls fast reine Benzarsinsäure. Die ganze Menge kann man durch Um-

---

[1]) A. **208**, 4 (1881).

[2]) A. **320**, 303 (1901).

kristallisieren aus heissem Wasser oder verdünntem Alkohol oder auch aus Salszsäure ganz rein erhalten, doch ist dies für die weitere Verarbeitung auf Arsenobenzoesäure nicht nötig. Da weder die p-Tolylarsinsäure, noch die p-Benzarsinsäure schmelzen, so kann man beide, wenn sie nicht in deutlichen Kristallen vorliegen (p-Tolylarsinsäure: Nadeln, p-Benzinarsinsäure: Blättchen) nur schwer unterscheiden. Sicher gelingt dies immer durch die Anilinsalze[1]), die man durch Zusatz von Anilin im Ueberschuss zu der heissen, wässerigen Lösung der Säuren erhält. Die Salze kristallisieren dann beim Erkalten sehr schön in langen Nadeln aus. Das Anilinsalz der p-Tolylarsinsäure schmilzt scharf bei 119°, das der Benzarsinsäure schmilzt überhaupt nicht, sondern zersetzt sich unter Abscheidung von Anilin.

Die p-Benzarsinsäure wurde nun zur benzarsenigen Säure $COOH \cdot C_6H_4 \cdot As(OH)_2$ reduziert. Zu diesem Zweck wurden je 3 g der Benzarsinsäure in der eben erforderlichen Menge heissen Wassers (70 ccm) gelöst und die siedende Lösung mit 2 g amorphen Phosphors und allmählich mit 12—13 ccm konzentrierter Jodwasserstoffsäure vom spezifischen Gewicht 1.96 versetzt. Es scheidet sich dann das Benzarsenjodür, $COOH \cdot C_6H_4 \cdot AsJ_2$, in gelben Kristallen so reichlich aus, dass der Kolbeninhalt breiförmig erstarrt. Nachdem so lange erhitzt war, bis die über den Kristallen befindliche Flüssigkeit farblos erschien, wurde das Benzarsenjodür mit der Pumpe scharf abgesaugt und auf Ton getrocknet. Durch Umkristallisieren aus heissem Chloroform lässt es sich leicht rein erhalten und bildet dann gelbrote Nadeln vom Schmp. 153°.

Dieses Benzarsenjodür löst man nun in wässerigem, kohlensaurem Natrium und fällt die Lösung mit verdünnter Salzsäure, wobei sich die benzarsenige Säure kristallinisch ausscheidet und durch Auswaschen mit kaltem Wasser rein erhalten wird.

Die ebenfalls schon von La Coste beschriebene benzarsenige Säure wird in der eben erforderlichen Menge heissen Wassers gelöst und diese Lösung mit einem Ueberschuss von fester, phosphoriger Säure zum Sieden erhitzt. Die Arsenobenzoesäure scheidet sich dann als gelbweisser, voluminöser Niederschlag aus, der sorgfältig mit heissem Wasser ausgewaschen und im Exsiccator getrocknet wird. Da die Säure als solche ganz unlöslich ist und sich daher nicht umkristallisieren lässt, so konnten die analytischen Zahlen nicht so scharf ausfallen, wie man sie sonst verlangt.

[1]) Ueber die Zusammensetzung derselben werde ich später berichten.

0.2100 g Sbst.: 0.3261 g CO_2, 0 0469 g H_2O. — 0.2651 g Sbst.: 0.2070 g $Mg_2As_2O_7$.

$C_{14}H_{10}As_2O_4$. Ber. C 42.85, H 2.55, As 38.26.
Gef. „ 42 35, „ 2.49, „ 37.70.

Die p-Arsenobenzoesäure, $\begin{array}{l} As \cdot C_6H_4 \cdot COOH \\ \| \\ As \cdot C_6H_4 \cdot COOH \end{array}$, bildet ein gelbweisses, amorphes Pulver, das sich beim Erhitzen, ohne zu schmelzen, zersetzt und weder in heissem Wasser, noch in Alkohol, Aether, Benzol, Chloroform, Aceton, Eisessig, Methylal löslich ist. Man kann sie daher nur unter Salzbildung in verdünnten Alkalien lösen. Das Natriumsalz, $C_{14}H_8Na_2As_2O_4$, wird durch Lösen in der eben erforderlichen Menge reiner, verdünnter Natronlauge unter sorgfältiger Vermeidung eines Ueberschusses des Alkalis und Eindampfen des Filtrates erhalten. Es bildet ein gelbbraunes, amorphes Pulver, das sich leicht in Wasser mit neutraler Reaktion löst. Es ist schwer löslich in verdünnter Natronlauge, so dass in der wässerigen Lösung des Salzes auf Zusatz von Natronlauge eine Fällung entsteht.

Die o-Arsenobenzoesäure wird ganz ähnlich wie die para-Verbindung erhalten. Die o-Benzarsinsäure wurde genau wie die para-Verbindung unter Anwendung von o-Tolylarsinsäure dargestellt. Sie ist jedoch viel leichter in Wasser und in verdünnter Salpetersäure löslich, so dass sich beim Erkalten der Einschmelzröhren nichts ausscheidet, sondern die Säure erst beim Verdampfen des Rohrinhaltes fest erhalten wird. Der Verdampfungsrückstand wird wie bei der para-Verbindung angegeben, mit kleinen Mengen von Wasser ausgewaschen und eventuell mit nicht zu viel heissem Wasser umkristallisiert. Die o-Benzarsinsäure schmilzt beim Erhitzen ebenfalls nicht, unterscheidet sich aber charakteristisch von der para-Verbindung durch ihr Anilinsalz, das in Wasser sehr leicht löslich ist, während das der para-Verbindung, wie oben angegeben, leicht auskristallisiert.

Bei der Reduktion der o-Benzarsinsäure mit rotem Phosphor und konzentrierter Jodwasserstoffsäure scheidet sich das o-Benzarsenjodür nicht aus, sondern bleibt (wenn man nicht zu wenig Wasser zum Lösen der Säure angewandt hat) in der wässerigen Jodwasserstoffsäure gelöst. Beim Eindampfen des Filtrates auf dem Wasserbade scheidet es sich in gelben Kristallkrusten ab.

Es ist schwer löslich in Chloroform, leicht in Aether und in heissem Wasser.

Da die o-benzarsenige Säure in Wasser leicht löslich ist, so wendet man zur Darstellung der o-Arsenobenzoesäure zweckmässig die wässerige Lösung des o-Benzarsenjodürs an, indem man diese mit Natronlauge bis zur eben schwach alkalischen Reaktion versetzt und mit einem Ueberschuss von fester, phosphoriger Säure zum Sieden erhitzt. Die Säure scheidet sich dann als gelbes, schweres Pulver aus und wird durch Abfiltrieren und Auswaschen isoliert. Die im Exsiccator getrocknete Substanz gab bei der Analyse folgende Zahlen:

0.2176 g Sbst.: 0.3396 g CO_2, 0.0489 g H_2O. — 0.1839 g Sbst.: 0.1440 g $Mg_2As_2O_7$.

$C_{14}H_{10}As_2O_4$. Ber. C 42.85, H 2.55, As 38.26.
Gef. „ 42.56, „ 2.51, „ 37.80.

Die o-Arsenobenzoesäure ist tiefer gelb gefärbt als die para-Verbindung und schmilzt, wenn man sie im Reagensglas über der direkten Flamme erhitzt, unter deutlicher Tropfenbildung, aber auch unter teilweiser Zersetzung und Ausscheidung von Arsen. Sie ist in heissem Wasser und in Alkohol spurenweis löslich, in Benzol, Aether, Chloroform so gut wie unlöslich. In wässerigen Alkalien, auch im Ueberschuss, und in kohlensauren Alkalien löst sie sich leicht unter Salzbildung.

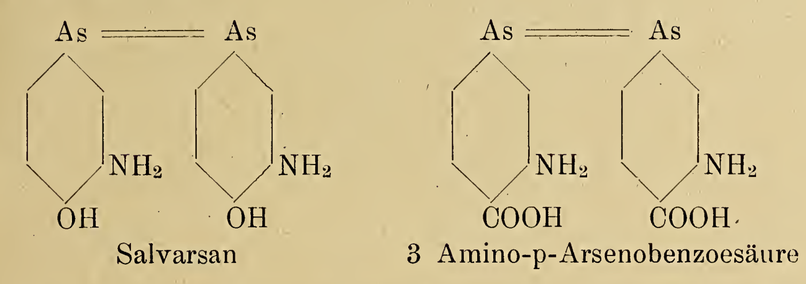
Das Natriumsalz hinterbleibt beim Verdunsten der wässerigen Lösung als zähe, schwer fest werdende Masse.

Was nun die Wirkung der Arsenobenzoesäuren betrifft, so ist Herr Geheimrat Kobert so freundlich gewesen, dieselbe durch Tierversuche festzustellen. Er wird darüber selbst berichten, zur Orientierung möchte ich nur folgendes anführen: Die beiden Arsenobenzoesäuren, p- und o-Verbindung, sind beide sehr giftige Substanzen, die auch noch in sehr kleiner Menge hauptsächlich auf die Nieren wirken und diese analog dem Uran durchlässig für Eiweiss und Zucker machen. Die o-Säure ist noch giftiger als die p-Verbindung.

Vergleichen wir letztere mit den oben angeführten Diamin- und Dihydroxylarsenobenzolen, so scheint daraus hervorzugehen, dass die Giftigkeit eines Derivates des Arsenobenzols ganz unabhängig von den Eigenschaften des substituierten Benzols ist, von dem sich das Arsenobenzol ableitet. Phenol ist eine sehr giftige Substanz, aber das Arsenophenol ist nach Ehrlich nur

$^1/_6$ so giftig, als das Arsenoanilin, die Benzoesäure ist gar nicht giftig, trotzdem ist die Arsenobenzoesäure wahrscheinlich giftiger als das Arsenophenol.

Nun haben wir oben gesehen, dass das p-Arsenophenol durch Eintritt einer NH_2-Gruppe in o-Stellung zum OH-Rest entgiftet wird. Es war daher sehr interessant, zu untersuchen, wie eine entsprechende Aminoarsenobenzoesäure sich verhalten würde. Folgende Formeln zeigen die Analogie einer solchen Verbindung mit dem Salvarsan:



Salvarsan　　　3 Amino-p-Arsenobenzoesäure

Um eine solche Verbindung darzustellen, ging ich von der Nitro-p-Tolylarsinsäure aus, die ich früher hier in Rostock gemeinschaftlich mit Herrn Ziegler dargestellt habe. Sie entsteht leicht durch Eintragen der p-Tolylarsinsäure in Salpeter-Schwefelsäure und Eingiessen der Lösung in Wasser. Dabei scheidet sie sich kristallinisch aus und lässt sich aus Wasser, in dem sie schwer löslich ist, umkristallisieren. Sie zersetzt sich beim Erhitzen, ohne zu schmelzen, unter Verpuffung und bildet ein bei 175° schmelzendes Anilinsalz.

Da eine elektronegative Gruppe, wie der Nitrorest, zu einem schon in dem Benzol vorhandenen elektronegativen Radikal in die meta-Stellung tritt, so musste diese Nitrosäure die Konstitution

$AsO(OH)_2$

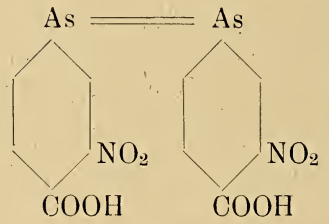
NO_2

CH_3

haben. Ich oxydierte nun die CH_3-Gruppe zum Karboxylrest durch Erhitzen mit Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1.2 auf 150° im Einschmelzrohr, gerade wie bei der p-Tolylarsinsäure

selbst. Die gebildete Nitrobenzarsinsäure ist in Wasser leicht löslich und hinterbleibt daher erst beim Eindampfen des Rohrinhaltes. Sie wird am besten durch Umkristallisieren aus 10 %iger Salzsäure gereinigt und so von anhängender Arsensäure befreit, die immer durch teilweise vollständige Zerstörung der Nitrotolylarsinsäure entsteht. Man erhält sie so analysenrein, in kleinen, weissen Nadeln, die sich ganz farblos in Wasser lösen. Beim Erhitzen verpufft die Säure, ohne zu schmelzen.

Die Nitrobenzarsinsäure wurde dann durch Jodwasserstoffsäure und roten Phosphor zum Nitrobenzarsenjodür $C_6H_3NO_2\begin{smallmatrix}AsJ_2\\ \\ COOH\end{smallmatrix}$ reduziert und dieses, das sich mit gelber Farbe in Wasser löst, mit phosphoriger Säure zu der 3 Nitro-p-arsenobenzoesäure reduziert:



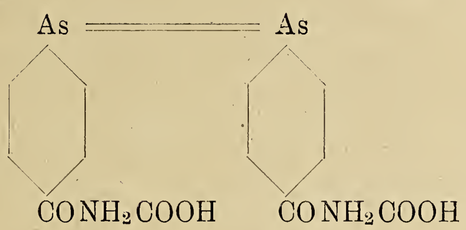
Dasselbe bildet ein intensiv gelbes, in Wasser und Alkohol unlösliches, beim Erhitzen ohne zu schmelzen verpuffendes, amorphes Pulver. Es ist in ätzenden und kohlensauren Alkalien leicht löslich. Diese Verbindung wurde nun nach einer Methode, die ich später anführen werde, zu der Aminoverbindung reduziert.

Die 3 Amino-p-arsenobenzoesäure ist ein gelbes, amorphes Pulver, das in Alkali leicht, in Salzsäure sehr schwer löslich ist und sich beim Erhitzen, ohne zu schmelzen, zersetzt. Sie gab bei der Analyse richtige Zahlen.

Ist nun diese Verbindung in der Tat weniger giftig als die Arsenobenzoesäure? Ich konnte bis jetzt Herrn Professor Kobert, der so freundlich war, die pharmakologische Untersuchung auch dieser Verbindung zu übernehmen, nur kleine Mengen zur Verfügung stellen. Diese haben aber einwandsfrei ergeben, dass die Aminoverbindung sehr viel weniger giftig ist als die Arsenobenzoesäure. Weder Eiweiss noch Zucker ist im Harn des Tieres aufgetreten, dasselbe hat die Fresslust nicht verloren und befindet sich mit einem Worte den Umständen nach sehr wohl, obgleich

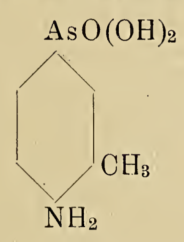
es die fünffache Menge an Aminoverbindung erhalten hat, die bei der Arsenobenzoesäure sofort das Auftreten von Eiweiss und Zucker im Harn bewirkt. Ich besitze eine grössere Menge der Aminoverbindung, mit der die Versuche fortgesetzt werden sollen.

Auch die Arsenoverbindung der Glyzinbenzarsinsäure oder die Arsenohippursäure

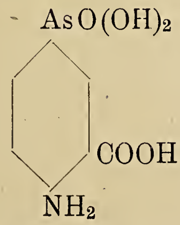


wird nach den oben angegebenen wenig giftig sein. Dieselbe ist bereits von den französischen Chemikern L. Hugounenq und A. Morel dargestellt.[1])

Zuletzt möchte ich noch darauf hinweisen, dass von den Höchster Farbwerken schon im Jahre 1909 das Acetylderivat eines der oben angegebenen Aminoverbindung isomeren Körpers patentiert worden ist. Ich habe im Eingang dieses Vortrages angeführt, dass die Herren Benda und Kahn durch Schmelzen von arsensaurem o-Toluidin eine Arsinsäure von der Zusammensetzung:



erhielten. Diese wurde nun von den genannten Chemikern in der NH_2-Gruppe acetyliert und dann oxydiert, wodurch der CH_3-Rest in die Karboxylgruppe überging und die Acetylverbindung einer 4 Amino-m-benzarsinsäure



[1]) Chem. Centralbl. 1913, 2, 2120.

entstand. Aus dieser wurde durch Reduktion die Arsenoverbindung gewonnen:

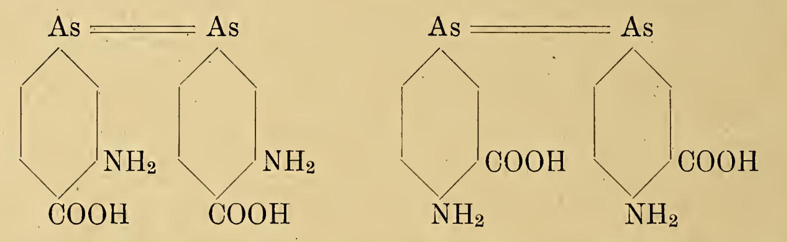
As ═══ As

COOH COOH

NH CO CH_3 NH CO CH_3

Ueber die Wirkungsweise dieses Körpers ist mir nichts bekannt. Er scheint niemals therapeutisch angewandt worden zu sein, da er auch Herrn Geheimrat Kobert unbekannt war.

Die freie Aminoverbindung würde mit der von mir dargestellten isomer sein.



Vielleicht ist aber doch ein grosser Unterschied in der Wirkungsweise dieser Körper, von dem der eine die o-Aminoverbindung der p-Arsenobenzoesäure, der andere das o-Karboxylderivat des Diaminoarsenobenzols ist.

Ob aber die von mir dargestellten Körper überhaupt ein therapeutisches Interesse haben, lässt sich erst entscheiden, wenn die Wirkung derselben auf die Trypanosomen festgestellt worden ist. Dies muss also der nächste Schritt sein.

Ueber das chemische Verhalten der „toxophoren" Gruppe aromatischer Arsenverbindungen vom Typ des Salvarsans im Tierkörper.

Von

E. Sieburg-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 12. Juni 1915.

Als Beispiel wurde die von A. Michaelis (Ber. **48**, 1915, S. 870) dargestellte, chemisch sehr stabile, physiologisch aber stark toxisch wirkende p-Arsenobenzoesäure

$$\begin{array}{l} As - C_6H_4 - COOH \\ \| \\ As - C_6H_4 - COOH \end{array}$$

gewählt. Bringt man einem Kalb mehrmals in grösseren Zeitabständen die Substanz in Dosen von 1 g subkutan bei, so wird innerhalb zwei Tagen rund 50 % des eingeführten Arsens mit dem Harn ausgeschieden, und zwar nicht in anorganischer Form, sondern als Hippurarsinsäure

$$C_6H_4 \langle \begin{array}{l} As - O(OH)_2 \\ CO - NH \cdot CH_2 \cdot COOH \end{array}$$

und Benzarsinsäure

$$C_6H_4 \langle \begin{array}{l} As - O(OH)_2 \\ COOH \end{array}$$

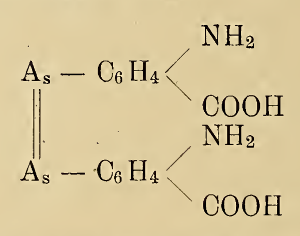
Da nebenher grosse Mengen freier Benzoesäure und freier Glukuronsäure auftreten, wird die Hippurarsinsäure als die eigentliche Form

der Ausscheidung der Arsenobenzoesäure angesehen. Indem so der Organismus unter dem Einfluss des Giftes die Fähigkeit zu paaren bis zu einem gewissen Grade verliert, muss die ausgeschiedene Benzarsinsäure als der Paarung mit Glykokoll entgangen betrachtet werden. Die toxophore Gruppe:

$$\underset{\wedge}{As} = \underset{\wedge}{As}$$

wird also im Organismus zu einem aromatischen Arsensäuresubstitutionsprodukt oxydiert. —

Gleichzeitig folgt eine kurze vorläufige Mitteilung zur Biologie der 3-Amido-p-arsenobenzoesäure, eines Salvarsans, das statt der OH- COOH-Gruppen enthält:



(Erscheint ausführlich an anderer Stelle.)

Ueber Konvergenzerscheinungen in den Abwehrorganen jurassischer Dinosaurier und einiger Kameruner Chamaeleonarten.

Von

R. N. Wegner-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 24. Juli 1915.

Mit einer Sammlung anatomischer Präparate erhielt ich auch ein paar Bergchamaeleons aus Kamerun, die sich durch merkwürdige Kamm- und Hornbildungen am Kopfe auszeichnen. Sie gehören zwei verschiedenen Arten an. Ihr genauer Fundort ist Sappo am Südabhange des Kamerunberges. Es ist ein ziemlich feuchter Standort. Die Tiere wurden z. T. auf Elefantengras, z. T. auf Bäumen gefangen.

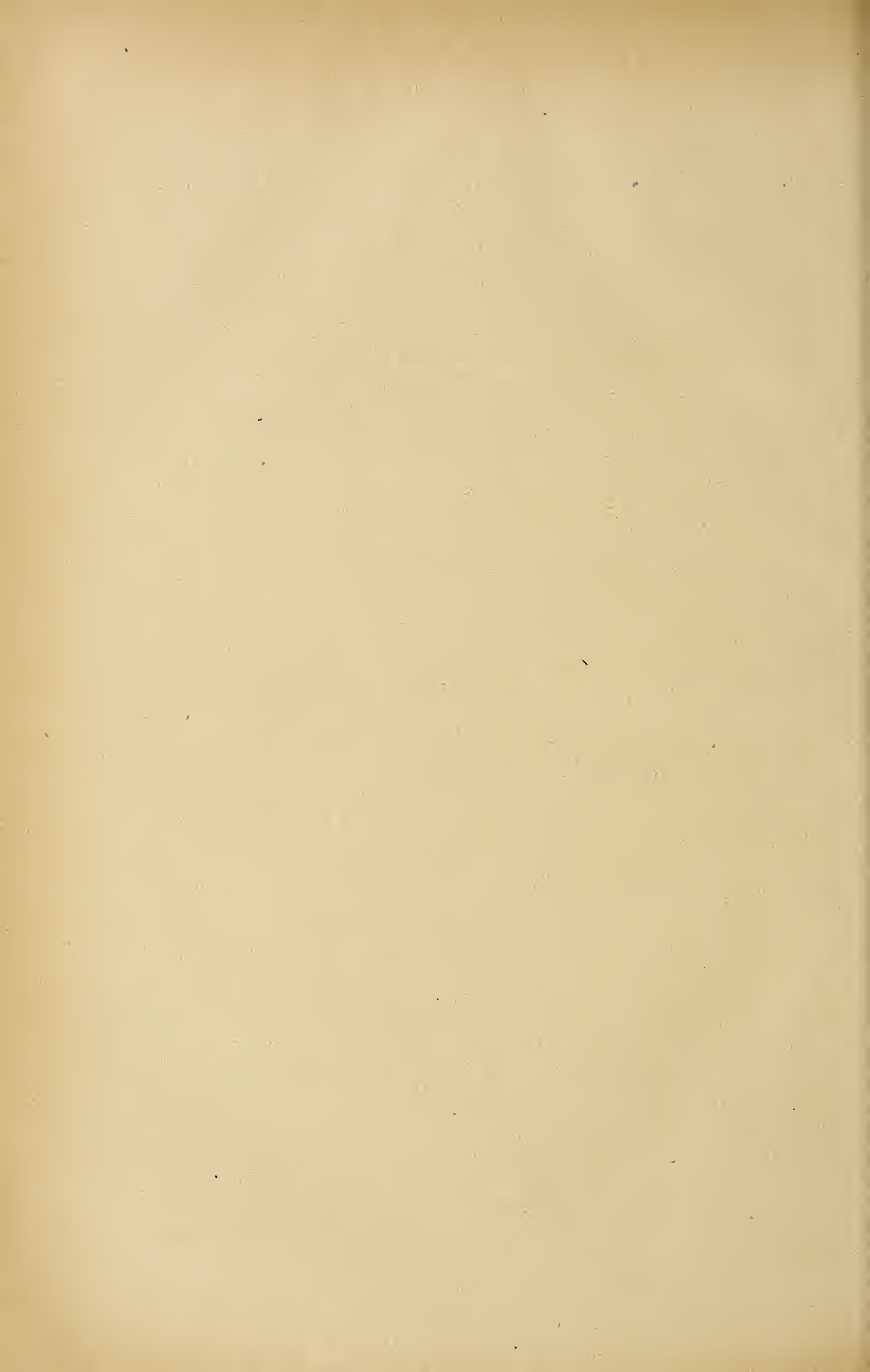
Die Männchen der einen Art haben zwei lange, glatte, geringelte Hörner nebeneinander, auf der Nasenpartie einen gezackten Hinterhauptslappen, auf dem Rücken einen welligen, durch Fortsätze der Rückenwirbel gestützten Hautsaum, der sich auch noch verhältnismässig hoch und steil auf der Schwanzwurzel fortsetzt und zuletzt nach hinten ziemlich steil abfällt. Ich glaube sie als *Chamaeleon montium Buchh.* bestimmen zu können. Die Weibchen sind hornlos und das Exemplar, das ich Ihnen hier vorlege, enthält eine ganze Reihe ziemlich hartschaliger Eier.

Ausserdem kann ich Ihnen noch ein Männchen einer anderen Art, *Chamaeleon Oweni Gray,* vorlegen. Dieses ist dreihörnig. Es trägt ein Schnauzenhorn, dazu noch 2 nach vorn gerichtete Hörner am vorderen Supraorbitalrande, besitzt einen kleineren, eckigen Hinterhauptslappen und einen langen Schwanz. Eine nahverwandte westafrikanische Art, *Chamaeleon Jacksoni,* kann ich Ihnen nur im Bilde vorlegen. Andere behörnte Chamaeleons, die

derartige Hornbildungen zeigen, finden wir in Ostafrika. Dort kommen allein 4 dreihörnige Arten vor, von denen das *Chamaeleon deremensis Matschili* das bekannteste ist, und von dem sich eine Abbildung in der neuen Auflage des Brehm findet. Sehr merkwürdig sind auch einige ostafrikanische Chamaeleonarten, die beschuppte, knöcherne Schnauzenfortsätze haben, von denen das *Chamaeleon tavetensis* und das *Chamaeleon Fischeri* diese Nasenfortsätze nur beim weiblichen Geschlechte zeigen. Das *Chamaeleon Matschili Werner* hat dieselben in beiden Geschlechtern. Von letzterem ist gleichfalls eine Abbildung im neuen Brehm enthalten. Ueber die biologische Bedeutung habe ich in den bekannten Handbüchern der Zoologie nichts finden können, insbesondere auch nichts im Brehm. Das erste Mal, dass ich etwas darüber fand, war auf einem Etikett der Tiersammlung des Instituts für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Der bekannte Afrikaforscher Professor Fülleborn hatte dazu bemerkt, dass dieses Tier mit dem beschuppten Schwanzfortsatz, es handelt sich um ein *Chamaeleon Fischeri,* von den Eingeborenen trotz seiner Kleinheit als ein sehr gefährliches und giftiges Tier gefürchtet würde. Dieser Eindruck wäre jedoch nur auf den eine Verletzungsgefahr vortäuschenden Eindruck zurückzuführen, den dieses Tier durch seinen Nasenfortsatz hervorriefe, tatsächlich finden sich, wie ja allgemein bekannt, auch an diesen Chamaeleonarten keinerlei Giftdrüsen und Stacheln, noch sondert die Haut ein giftiges Sekret ab. Mit den Stacheln vermag das Tier auch kleinen Geschöpfen keine Verletzungen beizubringen. Für die Annahme, in diesen Organen sekundäre Sexualcharaktere zu sehen, habe ich keine festen Anhaltspunkte finden können. Wie mir der Sammler von den Ihnen hier vorgelegten Kameruner Chamaeleons mitteilt, werden dieselben auch von den dortigen Eingeborenen als gefährlich gefürchtet, seien aber sehr harmlos und liessen sich mit der Hand greifen. Ich selber habe gleichfalls keine auf die Haut reizend wirkende Substanzen feststellen können. Den Ruf ihrer Giftigkeit bei den naiven, nur den oberflächlichen Sinneseindrücken folgenden Beobachtern scheinen sie nur ihrem absonderlichen Aussehen zu verdanken und wir haben in den Hautfortsätzen eine Art von Abschreckorganen zu sehen.

Dasselbe scheint mir im wesentlichen bei den Horngebilden einer Reihe meist gigantische Proportionen erreichender Dinosaurier der Fall zu sein, welche der Familie der *Ceratopsidae* angehören,

und in der oberen Kreide der Vereinigten Staaten und in Kanada vorkommen. Die Angehörigen dieser Familie sind quadrupedale Pflanzenfresser von ziemlich schwerfälligem Habitus. Das Merkwürdigste bei den Vertretern dieser Familie sind aber die knöchernen Stirnzapfen, welche auf den Frontalia in der Nähe der Augenhöhlenränder stehen. Diese Stirnzapfen zeigen eine rauhe, poröse Oberfläche, deutliche Gefässeindrücke und trugen wahrscheinlich kräftige, massive Hornscheiden. Daneben kann auch noch ein Nasenhorn vorkommen und die hintere Halsregion kann einen nach hinten kragenförmigen, stachlichen Rand besitzen. In merkwürdiger Weise finden sich so bei einer ganz fernstehenden Gruppe von Reptilien alle jene Variationen wieder, die wir soeben bei den Chamaeleons kennen lernten. So trägt die eine Gattung dieser Dinosaurier nur ein mächtiges Nasalhorn, während die beiden Stirnhörner kleiner werden, eine andere aber nur 2 Stirnhörner, ganz ebenso dem äusseren Anscheine nach, wie es die Chamaeleons in Miniaturnachahmungen zeigen, so dass man an Konvergenzerscheinungen denken könnte. Fiele nicht jedes Chamaeleon sofort durch seine riesigen, nach allen Richtungen drehbaren Augen auf, so könnten diese Kameruner Chamaeleons einem Palaeontologen, flüchtig besehen, den Eindruck kleinster Miniaturdinosaurier machen. Ich zeige Ihnen hier im Lichtbilde die Rekonstruktion der bekanntesten Art dieser Dinosaurier, wie sie Abel gegeben hat, und zwar das *Triceratops prorsus* aus der oberen Kreide von Montana. Das Tier wird etwa 8 Meter lang und der Schädel besitzt allein eine Länge von 2 Metern. Die supraorbitalen Hörner sind nach vorwärts und aufwärts gerichtet, das Nasalhorn ist nur mässig gross und nach vorne gestellt. Bei der Gattung *Monoclonius* dagegen ist das Nasalhorn das grösste und kräftigste, bei der Gattung *Driceratops* fehlt das Nasenhorn und es finden sich nur 2 Stirnhörner an den Ueberaugenwülsten. Alle diese Arten gehören, wie schon erwähnt, der oberen Kreide an. Wir dürfen bei der Betrachtung der biologischen Bedeutung dieser Fortsätze bei den *Ceratopsidae* die Erwägung nicht von der Hand weisen, dass diese Pflanzenfresser in ihren Hörnern Abwehrorgane gegen die gleichzeitig lebenden fleischfressenden Dinosaurierformen benötigten.



Fragmentarisch gebliebene Arbeiten gefallener Kriegsteilnehmer aus dem Botanischen Institut der Universität Rostock.

Von

Gustav Gassner-Rostock.

Vorgetragen in der Sitzung am 24. Juli 1915.

Zu denjenigen Instituten unserer Rostocker Universität, die durch den Krieg in ganz besonders schwerer Weise in Mitleidenschaft gezogen sind, gehört das Botanische Institut. Von vier Doktoranden, die zur Zeit des Kriegsausbruchs im Institut arbeiteten, eilten drei zu den Fahnen — der vierte ist nicht militärtauglich — und alle drei starben den Tod fürs Vaterland.

Die Namen der Gefallenen, ihre Geburts- und Todestage sind:

Ernst August Krüger, geb. am 20. Januar 1891, am 23. April 1915 seiner am 22. April erlittenen Verletzung erlegen.

Karl Schnell, geb. am 22. April 1889, am 10. November 1914 durch Herzschuss gefallen.

Hans Ohlerich, geb. am 6. April 1891, am 19. September 1914 seinen am 6. September erlittenen Verletzungen erlegen.

E. A. Krüger und K. Schnell gehörten dem Botanischen Institut von Oktober 1913 an als Praktikanten an, H. Ohlerich von April 1914 an; den Schluss ihrer Tätigkeit im Institut bedeutet gleichmässig der Tag der Mobilmachungserklärung, der 1. August 1914.

Der plötzliche Kriegsausbruch und die unmittelbare Einberufung zu den Fahnen brachten es mit sich, dass es keinem

der Erwähnten vergönnt war, die im Gange befindlichen Untersuchungen zu einem Abschluss zu bringen; sie sind weiter die Ursache, dass die Aufzeichnungen nur zum Teil in einer Form vorhanden sind, die es mir jetzt möglich machen könnte, über den Gang der Untersuchungen und die erzielten Ergebnisse eingehender zu berichten. Nicht unwesentliche Teile der Versuchsprotokolle waren trotz mannigfacher Bemühungen nicht mehr auffindbar, so dass die folgenden Zeilen, in denen ich eine Inhaltsangabe der durchgeführten Untersuchungen versuche, schon aus diesem Grunde auf Vollständigkeit Anspruch nicht erheben können.

Die Untersuchungen E. A. Krügers waren die am weitesten vorgeschrittenen. Bei diesen Untersuchungen handelte es sich um eine Fortsetzung meiner früheren Arbeiten über die Keimungsverhältnisse der südamerikanischen Graminee *Chloris ciliata.* Da geeignetes und für umfangreiche Keimungsversuche genügendes Samenmaterial zunächst nicht zur Verfügung stand, untersuchte Krüger zunächst die Keimungsbedingungen einiger anderer *Chloris*-Arten und konnte insbesondere in *Chloris barbata* eine Spezies feststellen, in deren Keimungsprozess Lichtwirkung und Spelzenfunktion in ähnlicher, allerdings nicht so stark ausgesprochener Weise eingreifen wie bei *Chloris ciliata.*

Gleichzeitig wurde eine anatomische Untersuchung der noch vorhandenen Samen von *Chloris ciliata* vorgenommen. Die Spelzen, die ja für die Lichtkeimungsverhältnisse dieser Samen von besonderer Bedeutung sind, zeigten im Bau keinerlei Besonderheiten gegenüber den Spelzen anderer Gräser; die Oberfläche wird von zackig ineinander greifenden Grosszellen und rundlichen bezw. halbmondförmigen Kleinzellen gebildet, darunter folgen Schichten langgestreckter Faserzellen und schliesslich zartwandige Innenschichten. Auch die anatomischen Befunde der Samenschale liessen sich nicht in besonderer Weise zur Klärung des Problems der Lichtkeimung verwenden. Von besonderem Interesse war die Untersuchung der bei nichtkeimenden Samen am Embryoende häufig zu beobachtenden Verfärbungen, die sich nicht nur auf die äussersten Schichten beschränken, sondern auch auf die Innengewebe, insbesondere in der Nähe des Scutellums übergreifen können. Ueber die chemische Natur der Verfärbungen wurde Klarheit nicht erzielt; die Widerstandsfähigkeit gegen konzentrierte Schwefelsäure deutete auf korkartige Umwandlungen hin. Theoretisch wichtig dürfte die weitere Beobachtung sein, dass bei

Körnern, die im Keimbett wegen ungeeigneter Temperatur bezw. fehlender Belichtung nicht zur Keimung gekommen waren, der Keimungsprozess wohl eingeleitet, dann aber sistiert wird; es deutet das auf die Bildung eines während der Keimung unter bestimmten Verhältnissen sich ausbildenden „Hemmungsprinzipes" hin.

Im März 1914 erfolgte die Zusendung des erbetenen neuen Samenmateriales aus Südamerika. Zunächst wurde eine Nachprüfung meiner älteren Versuche über die keimungsauslösende Wirkung des Lichtes, über die Bedeutung der Nachreife, sowie über die Beziehungen zwischen Lichtwirkung und Temperatur vorgenommen. Die Versuche führten zu prinzipiell übereinstimmenden Ergebnissen, wenn sich auch in der Höhe der erzielten Keimprozente gewisse Unterschiede bemerkbar machten.

Weiter wurde die keimungsauslösende Wirkung der N-Verbindungen von neuem bestätigt. Die folgenden Versuche Krügers schliessen an einige von mir noch nicht veröffentlichte Versuche des Jahres 1912 an, welche das Zusammenwirken keimungsauslösender Stoffe und Belichtung im Keimbett zum Gegenstand hatten. In diesen Versuchen hatte ich festgestellt, dass die Anwesenheit keimungsauslösender Stoffe eine keimungsauslösende Wirkung des Lichtes nicht nur nicht verdecken, sondern — geeignete Konzentrationen der keimungsauslösenden Stoffe vorausgesetzt — in das Gegenteil umkehren kann. Das Licht wirkt also unter sonst gleichen Verhältnissen, insbesondere auch gleicher Temperatur, je nach dem Substrat keimungsauslösend oder aber keimungshemmend. Dieses Ergebnis fand in den Versuchen Krügers eine weitgehende Bestätigung. Von prinzipieller Bedeutung für das Verständnis der Erscheinung war nun die von Krüger neu gemachte Feststellung, dass die Umschaltung der Lichtwirkung auf den Keimungsverlauf, also die keimungshemmende Wirkung statt der keimungsauslösenden, sich nicht nur bei Keimung auf Lösungen keimungsauslösender Salze, sondern auch auf Lösungen anderer, nicht keimungsauslösender Chemikalien beobachten lässt, wenn diese in geeigneten Konzentrationen angewendet werden. Diese grundlegenden Versuche Krügers werden an anderer Stelle ausführlich zu veröffentlichen sein.

So weit waren die Keimungsversuche bis zum 1. August 1914 gediehen. Besonders zu erwähnen sind noch die von Krüger ebenfalls begonnenen Untersuchungen über die Semipermeabilität

der Samenschale von *Chloris ciliata.* Die Versuche wurden in Anlehnung an die Brownschen und Schröderschen Feststellungen durchgeführt. Abgeschlossen sind die Versuche über das Verhalten der Samen von *Chloris ciliata* und *Chloris barbata* zu Jodlösungen; die Samenschale ist für Jodlösungen unzweifelhaft permeabel, indem schon nach wenigen Stunden, vom Embryoende des Korns beginnend, die Blaufärbung des Endsperms sichtbar ist. Im Gegensatz dazu scheint nach 2 Versuchsreihen die Samenschale für KNO_3-Lösungen nicht oder doch ungleich schwerer permeabel zu sein, denn noch nach vielfach längerer Zeit liess sich ein Eindringen von KNO_3 0,05 mol mikrochemisch bei intakten Körnern nicht nachweisen, ohne weiteres dagegen bei angestochenen Körnern. Es wäre dies ein prinzipiell äusserst wichtiges Ergebnis, denn KNO_3 wirkt ja auf die Samen von *Chloris ciliata* keimungsauslösend. Wenn nun KNO_3 nicht eindringt, so dürfen wir die Wirkung dieses Stoffes nicht in einer unmittelbaren Beeinflussung des inneren Kornes, sondern zunächst in einer Beeinflussung der Oberfläche des Kornes bezw. bestimmter aus dem Korn nach aussen diffundierenden Stoffe suchen; die Theorie eines „äusseren Hemmungsprinzipes“ wäre auf eine sichere Grundlage gestellt.

Die Untersuchungen von K. Schnell lagen auf einem ganz anderen Gebiet. Als gewesener Mediziner brachte Schnell phytopathologischen Fragen besonderes Interesse entgegen und äusserte den Wunsch, auf diesem Gebiet zu arbeiten. Im Anschluss an vereinzelte Beobachtungen über die Infektionsbedingungen der Getreiderostpilze, die ich seinerzeit anlässlich meiner Bearbeitung der in Südamerika auftretenden Getreiderostpilze machen konnte, weiter vor allem im Hinblick auf die neueren interessanten Ergebnisse Tischlers über die Beeinflussbarkeit von *Uromyces Pisi* im Innern der Nährpflanze, schlug ich Schnell eine eingehende Bearbeitung der Infektionsbedingungen der Getreiderostpilze, insbesondere die experimentelle Untersuchung der Frage der Beeinflussung einer Disposition der Getreidepflanzen durch äussere Faktoren vor. Die Untersuchungen Schnells sind infolge ihrer vorzeitigen Unterbrechung durch den Krieg und aus anderen Gründen leider nicht so weit gediehen, dass sich Ergebnisse mitteilen liessen; es gilt das auch für die von Schnell ebenfalls bereits begonnene Bearbeitung der Frage, inwieweit das Wachstum der aus den keimenden Uredosporen hervorgehenden Keimschläuche durch die Anwesenheit bestimmter Stoffe verlängert werden kann.

Weiter vorgeschritten waren die Arbeiten H. Ohlerichs, die sich mit der Ausbildung der Trennungsschichten bei Rosaceenfrüchten, insbesondere Aepfeln, befassten. Es handelte sich hier einmal um die Erklärung der im Obstbau längst bekannten und praktisch verwendeten Erscheinung, dass es „leicht fallende“ und „schwer fallende“ Obstsorten gibt. Dementsprechend wurden für die verschiedenen Obstsorten die Verteilung der mechanischen Elemente und der sonstige Bau der Fruchtstiele untersucht und in Vergleich gesetzt.

Hierbei wurde festgestellt, dass die Bastfaserelemente, welche in erster Linie die mechanische Festigkeit der Fruchtstiele bedingen, an der Basis des Stieles schwächer werden, bezw. aufhören, so dass hier also die prädestinierte Durchreissstelle vorhanden ist. Die Durchreissung erfolgt nun nicht einfach so, dass das Gewicht der Frucht ein zu grosses wird, bezw. dass mechanische Beanspruchungen, wie Wind, die Frucht abreissen. Das kann natürlich der Fall sein, jedoch ergab die mikroskopische Untersuchung, dass dem normalen Fruchtabfall stets die Ausbildung einer Trennungsschicht vorangeht. Die Ausbildung dieser Trennungsschicht wurde mikroskopisch und experimentell verfolgt. Stärkeanhäufung in der Zone der Trennungsschicht und Zellteilungen kennzeichnen das erste Stadium; die Trennung selbst erfolgt durch Auflösung der Mittellamellen, wobei sich beobachten lässt, dass die Membranen der angrenzenden Zellen bereits vor der erfolgten Trennung verkorkt werden. Die Ausbildung der Trennungsschichten weist im übrigen grosse Aehnlichkeit mit derjenigen beim Laubfall auf.

Auch über die Bedingungen einer künstlichen Einleitung einer Ausbildung der Trennungsschicht liegen positive Versuchsergebnisse vor. Von der Beobachtung ausgehend, dass wurmstichige Früchte vorzeitig abfallen, und zwar auch bei absolut windstillem Wetter, also ohne jede mechanische Beeinflussung, und dass diese abgefallenen Früchte an den Fruchtstielen normale Trennungsgewebe zeigen, wurden Versuche in der Weise angestellt, dass einerseits das Fruchtfleisch, andererseits das Kerngehäuse verletzt, bezw. durch Injektion giftiger Lösungen zerstört wurden. Es ergab sich, dass Verletzungen des Fruchtfleisches keine Ausbildung einer Trennungsschicht und damit kein Abwerfen der Früchte zur Folge hatten, während auf Verletzungen des Kerngehäuses sofort mit der Ausbildung einer Trennungsschicht

reagiert wurde. In Versuchen vom Juli 1914 zeigte sich höchstens 2—3 Tage nach der Verletzung des Kerngehäuses die charakteristische Stärkeanhäufung in der Trennungszone, welche die Ausbildung der Trennungsschicht einleitet. Im Gegensatz dazu konnte durch Abschneiden der Zweige und vorübergehende Anwendung narkotischer Mittel eine Auslösung der Bildung der Trennungsschicht nicht erzielt werden.

Die vorstehenden Zeilen können nur in groben Umrissen eine Darlegung der durch den Tod unterbrochenen und so fragmentarisch gebliebenen Arbeiten von E. A. Krüger, K. Schnell und H. Ohlerich geben. Es ist immer ein misslich Ding, über unvollendete Arbeiten zu berichten, doppelt misslich dann, wenn es nicht eigene sind, und wenn, wie im vorliegenden Fall, die dem Referenten zur Verfügung stehenden Aufzeichnungen nicht vollständig erhalten sind, so dass er sich in einigen Punkten auf sein Gedächtnis verlassen musste. So liessen sich gegen die vorstehende Veröffentlichung Bedenken geltend machen; diese Bedenken traten jedoch bei dem Schreiber dieser Zeilen dem Wunsch gegenüber zurück, die Erinnerung an die auf dem Felde der Ehre gefallenen Praktikanten unseres Rostocker Botanischen Institutes in einer Form zu erhalten, die über die Mauern des Institutes hinausgeht.

Rostock i. M., Botanisches Institut der Universität,
Juli 1915.

Lymphogranulomatosis tuberculosa.

Von

Dr. F. Weinberg-Rostock.

Assistent an der medizinischen Universitätsklinik.

Vorgetragen in der Sitzung am 23. Oktober 1915.

Die Aetiologie der Lymphogranulomatosis ist bis jetzt noch ungeklärt. Während Sternberg in seiner umfassenden Arbeit die Krankheit als eine eigenartige Form der Tuberkulose des Lymphapparates ansah, hat er später diese Auffassung als zu weitgehend betrachtet. Er glaubt aber, dass ein Zusammenhang mit der Tuberkulose nicht von der Hand zu weisen sei.

Die Frage nach der Aetiologie wurde durch die Untersuchungen von Fraenkel und Much neu belebt. Sie fanden in fast all ihren Fällen grampositive, nicht säurefeste, granulierte Gebilde, die zwar nicht identisch mit dem Tuberkulosevirus, ihm aber sehr nahe stehen sollen. Diese Gebilde sind von der granulaeren Form des Tuberkulosevirus, den sog. Muchschen Granulis, nicht zu unterscheiden. Ein Teil der Nachuntersucher hat diese Gebilde gefunden, ein anderer Teil nicht.

Sehr viele der angestellten Tierversuche sind negativ ausgefallen. Zu verwerten sind selbstverständlich nur die Fälle von reinem Lymphogranulom, die also nicht mit gewöhnlicher Tuberkulose vergesellschaftet sind. In einigen dieser Fälle hat man durch Ueberimpfung tatsächlich Tuberkulose erzeugt (Hirschfeld, Fraenkel, Meyer, Schlagenhaufer); Steiger ist es gelungen, Lymphogranulom und Tuberkulose, Schaeffer reines Lymphogranulom hervorzurufen.

Von einem Fall von Lymphogranulom, der klinisch wie pathologisch-anatomisch, makroskopisch und mikroskopisch, keine Tuberkulose aufwies, in dem weder im Schnitt, noch Antiforminpräparat Tuberkelbazillen oder Muchsche Granula nachgewiesen

werden konnten, habe ich Ueberimpfungen auf 8 Meerschweinchen intraperitoneal gemacht. 6 Tiere, die im Laufe von 3 Monaten getötet wurden, boten keinen besonderen Befund. Bei den beiden übrig gebliebenen aber war nach einem Jahr die Impfung angegangen. Das Gewebe bot ein Bild dar, das vollkommen von dem einer gewöhnlichen Tuberkulose abwich und ganz dem Lymphogranulom glich. Beide Tiere zeigten die gleichen Veränderungen. Bei Weiterverimpfung von Tier zu Tier fand man neben lymphogranulomatösen Veränderungen solche rein tuberkulöser Art. In den meisten Präparaten sah man Uebergänge von Lymphogranulom in Tuberkulose; insbesondere Sternbergsche Riesenzellen, Uebergangsformen und reine Langhanssche Riesenzellen.

Aus den Organen beider Tiere wurde der Tuberkelbazillus species humana in Reinkultur gezüchtet, der sowohl säurefest war, wie nach der modifizierten Gramschen Färbung grampositive Granula (Muchsche Granula) zeigte.

Meerschweinchen, mit Reinkulturen geimpft, zeigten meist tuberkulöse Veränderungen; in manchen Organen fanden sich typische Sternbergsche grosse Zellen und Riesenzellen. Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die sogenannte Lymphogranulomatose eine eigentümliche Form der Tuberkulose (species humana) ist.

Eine positive Ueberimpfung ist mir seitdem noch in weiteren drei Fällen gelungen.

Ausführliche Mitteilung erscheint in einer Fachzeitschrift.

Sitzungsprotokolle 1914.

Sitzung am 31. Januar 1914 im anatomischen Institut.

Nach Verlesung des Jahresberichts und der Rechnungsablage seitens des Schriftführers werden als neue Mitglieder eingeführt die Herren

Dr. M. Heinrich, Abteilungsvorstand an der landwirtschaftlichen Versuchsstation,

und Rudolf Weber, Assistent am nahrungsmittelchemischen Institut.

Sodann spricht:

Herr Barfurth über die Themata:

1. Wie man eine Missbildung zum Rassenmerkmal züchten und wieder wegzüchten kann.
2. Hyperdaktylie und Mendelismus.

An die Vorträge knüpft Herr Martius längere Ausführungen über die Gründe, weshalb die experimentelle Vererbungsforschung auf den Menschen unanwendbar ist.

Es folgt der Vortrag des Herrn Peters:

Demonstrationen aus dem Gebiet der Lehre von den Missbildungen des Auges.

unter Vorführung einer grösseren Reihe von mikroskopischen Präparaten.

Sitzung am 14. Februar 1914 im physiologischen Institut.

Als neue Mitglieder werden eingeführt die Herren

Stabsarzt Dr. Haesner,

Dr. Sagawe, Assistent am staatswissenschaftlichen Seminar.

Es spricht Herr Fischer über das Thema:

Ist der Verlauf experimenteller Krämpfe durch Störung der inneren Sekretion zu modifizieren?

Hierauf hält Herr Winterstein folgende Vorträge:

1. Der Einfluss verschiedener Ionen auf das Ueberleben des Zentralnervensystems von Säugetieren (nach Versuchen von Herrn Gerlach).

2. Der Einfluss verschiedener Salzlösungen auf den Gaswechsel des Froschrückenmarks (nach Versuchen von Herrn Unger).
3. Narkose und Sauerstoffatmung.

An die beiden ersten Vorträge schloss sich eine Diskussion, an der die Herren Barfurth, Spemann, Schwalbe, Kobert, Schröder beteiligt waren.

Sitzung am 16. Mai 1914 im physiologischen Institut.

Herr Dr. G. Falckenberg, Assistent am physikalischen Institut, wird als neues Mitglied aufgenommen.

Sodann sprechen:

1. Herr Sieburg: Ueber Glukuronsäuren.
2. Herr Ule: Ueber morphologische Studien auf der Azoreninsel S. Miguel unter Vorführung von Lichtbildern.

An den Vortrag des Herrn Sieburg knüpfen die Herren Kobert und Stoermer kurze Bemerkungen.

Sitzung am 18. Juni 1914 im pathologischen Institut.

Als neue Mitglieder werden aufgenommen die Herren

Prof. Dr. Heinr. Ollwig, Oberstabsarzt a. D.,
Dr. Hans Moral, I. Assistent am zahnärztlichen Institut,
Prof. Dr. Bumke, Direktor der Irren- und Nervenklinik.

Herr Wolff spricht über:

Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung extrauteriner Schwangerschaften und erläutert seine Ausführungen durch Projektion von Photogrammen der Originalpräparate.

Hierauf spricht Herr Hanser über:

Ueberzählige sakrele Darmanlage mit Respirationstraktus.

Auch dieser Vortrag wird durch Diapositive erläutert.

An beide Vorträge schloss sich eine lebhafte Diskussion, an der die Herren Schwalbe, Barfurth, Winterstein, Hosemann, Hanser beteiligt waren.

Am Schluss der Sitzung teilt der Vorsitzende mit, dass die Herren Dr. Harm-Warnemünde und Dr. Leunenschloss hierselbst als Mitglieder in die Gesellschaft aufgenommen zu werden wünschen.

Sitzung am 16. Juli 1914 im anatomischen Institut.

Als neue Mitglieder werden aufgenommen die Herren

Dr. Harm, Leiter der Seequarantäneanstalt in Warnemünde,
Dr. Leunenschloss, II. Assistent am pathologischen Institut.

Herr Walter spricht über das Thema:

Gibt es morphogenetische Nerven und wo verlaufen sie?

Diskussion: die Herren Barfurth und Winterstein.

Herr Moral handelt:

1. Ueber die Entwicklung der Speicheldrüsen.
2. Ueber Pulpen-Korrosion.

Beide Vorträge wurden teils durch Demonstration von Diapositiven, teils durch Vorführung der Originalpräparate erläutert.

Diskussion: die Herren Barfurth und Kobert.

Sitzung am 14. November 1914 im zoologischen Institut.

Die Herren

Prof. Dr. Becher und
Privatdozent Dr. Wegner

werden als neue Mitglieder aufgenommen.

Herr Wachs spricht:

Ueber neue Versuche zur Wolffschen Linsenregeneration

und begleitet seinen Vortrag durch Projektion seiner Schnittbilder. An der Diskussion beteiligen sich die Herren Becher und Wegner.

Sitzung am 19. Dezember 1914 im zoologischen Institut.

Bei der Vorstandswahl wird der bisherige Vorstand wiedergewählt.

Herr Dr. Wilh. Brandt, Assistent am chemischen Institut,

wird als neues Mitglied aufgenommen.

Es sprechen:

1. Herr Stoermer: Ueber Konfigurationsbestimmungen mit Hülfe ultra-violetter Strahlung,
2. Herr Schröder: Weshalb hat die Röntgentherapie bei klimakterischen Gebärmutterbildungen so gute Erfolge?

Letzterer Vortrag wird durch Demonstration mikroskopischer Präparate erläutert.

Sitzungsprotokolle 1915.

Sitzung am 30. Januar 1915 im pharmakologischen Institut.

Nach Erledigung des Jahresberichts und der Kassenprüfung spricht Herr Kobert:

Ueber zwei süssschmeckende Drogen.

Diskussion: Herr Will.

Sitzung am 25. Februar 1915 im pharmakologischen Institut.

Herr Winterstein spricht über:

1. Eine neue Funktion der Atmung.
2. Narkose und Erstickung.

Diskussion: die Herren Kobert, Gassner, Becher.

Sitzung am 8. Mai 1915 im zoologischen Institut.

Herr Becher spricht:

Ueber eine Verbesserung der Strahlenvereinigung im Polarisationsmikroskop.

Diskussion: Herr Barfurth, Herr Weber, Herr Kobert.

Sitzung am 11. Juni 1915 im chemischen Institut.

Herr Michaelis spricht:

Ueber neuere aromatische Arsenverbindungen.

Diskussion: Herr Sieburg, Herr Kobert.

Sitzung am 24. Juli 1915 im zoologischen Institut.

Herr Gassner spricht über:

1. Neuere Arbeiten auf dem Gebiet der Keimungsphysiologie.
2. Fragmentarisch gebliebene Arbeiten gefallener Kriegsteilnehmer aus dem botanischen Institut der Universität Rostock.

Diskussion: die Herren Becher, Winterstein, Will, Heinrich, Kobert.

Ferner spricht Herr Wegner:

Ueber Konvergenzerscheinungen in den Abwehrorganen jurassischer Dinosaurier und einiger Kameruner Chamäleonarten.

Auch an diesen Vortrag schloss sich eine lebhafte Aussprache.

Sitzung am 23. Oktober 1915 in der medizinischen Klinik.

Herr Weinberg spricht über:

Lymphogranulomatosis tuberculosa (Hodykinsche Krankheit, Pseudoleukämie).

Diskussion: Herr Martius.

Sitzung am 11. Dezember 1915 im pharmakologischen Institut.

Herr Zahnarzt Waldemar Knöner, Assistent am zahnärztlichen Institut, wird als neues Mitglied aufgenommen.

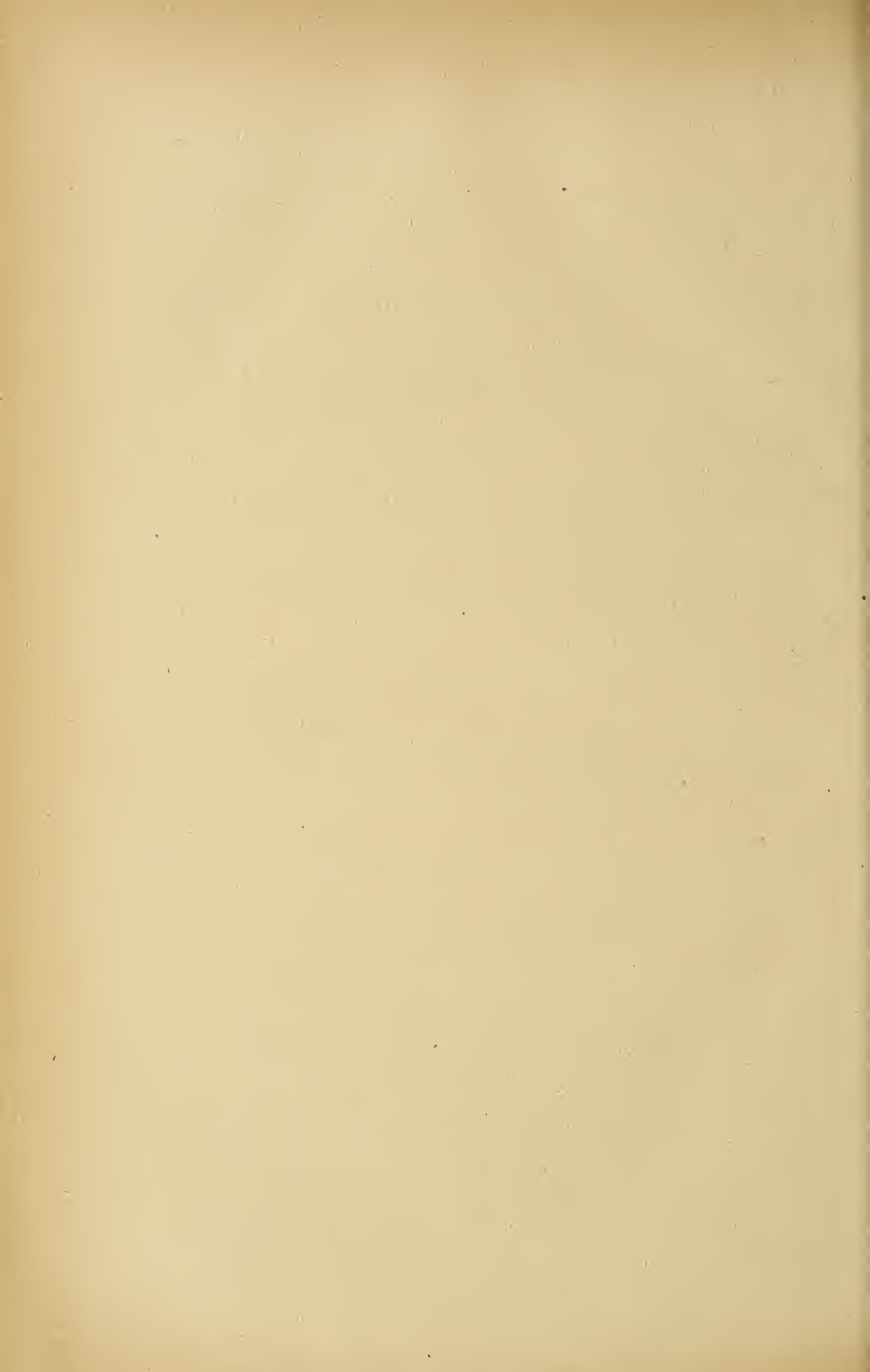
Bei der vorgenommenen Vorstandswahl wird der bisherige Vorstand wiedergewählt, der die Wahl mit Dank annimmt.

Darauf hält Herr Kobert den angekündigten Vortrag:

Ueber das Verhalten der Adstringentien zu roten Blutkörperchen,

der durch Vorführung von Versuchen und zahlreichen Präparaten begleitet wird.

Diskussion: die Herren Winterstein, Kümmell, Will.



Tauschverkehr
der Naturforschenden Gesellschaft zu Rostock (1914/15).

Die während der Jahre 1914/15 eingegangenen Schriften sind hinter dem Titel der tauschenden Gesellschaften vermerkt. Der Sekretär bittet ergebenst, diese Eintragungen als Empfangsbestätigung ansehen zu wollen und bringt zugleich hiermit den Dank unserer Gesellschaft für die erfolgte Zusendung zum Ausdruck.

1. Aarau, Schweiz. Schweizerische Naturforschende Gesellschaft:
   Verhandlungen 1914, Teil 1, 2.
2. Adelaide, Australien. Royal Society of South Australia.
3. Amsterdam, Holland. Kon. Zoologisch Genootschap „Natura Artis Magistra".
4. Amsterdam, Holland. Genootschap ter Bevordering van Natuur-Genees en Heelkunde:
   Werken: Deel VII, Afl. 3 (1914), Deel VIII, Afl. 1.
5. Baltimore, Maryland, U. S. A. Johns Hopkins University:
   Circulars 1913 (No. 7—9).
6. Barcelona, Spanien. Real Academia de Ciencias y Artes:
   a) Memorias vol. X, No. 24—30, 1913/14,
   „ XI, „ 1—30, 1914,
   „ XII, „ 1—4, 1915.
   b) Nomina del Personal Academico 1913/14.
   c) Boletin vol. III, No. 5 (1914), No. 6 (1915).
   d) Fiestas científicos celebrados con motivo del CL. aniversario de su fundacion. 1915.
7. Bergen, Norwegen. Bergens Museum:
   a) Aarsberetning 1913/14, 1914/15.
   b) Aarbog 1913, Heft 3, 1914/15, Heft 1, 2, 3.
8. Berkeley, California, U. S. A. The Exchange Department, University of California Library.
   University of California Publications:
   a) Pathology vol. 1 (No. 11—14).
   b) Physiology vol. 4 (No. 18).
   c) Div. Separata.

9. Berlin. Physiologische Gesellschaft:
   a) Verhandlungen.
   b) Sonderabdrucke.
10. Berlin. Fischerei-Verein für die Provinz Brandenburg:
   Mitteilungen Bd. V, 10—12. Bd. VI, 1—3. Bd. VIII, 1—3.
11. Berlin. Deutscher Fischerei-Verein:
   Allgemeine Fischereizeitung 1914 (No. 1—24). 1915 (No. 1—24). 1916 (No. 1—6).
12. Berlin. Gesellschaft naturforschender Freunde.
13. Berlin. Deutsches Bureau der Internationalen Bibliographie.
14. Bologna. Reale Accademia delle Scienze dell' Instituto di Bologna. Classe di Scienze fisiche e matematiche.
15. Bonn. Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westfalens:
   a) Verhandlungen Bd. 70 (1913), 1. Hälfte.
   b) Sitzungsberichte 1913, 1. Hälfte.
16 Boston. U. S. A. Society of Natural History.
17. Boston. U. S. A. Physiological Society.
18. Boston. U. S. A. Harvard Medical School.
19. Boston. U. S. A. Society of Natural History.
20. Breslau. Universitätsbibliothek.
21. Brüssel, Belgien. Académie Royale de Médecine.
22. Brüssel, Belgien. Académie Royale des Sciences.
23. Brüssel, Belgien. Musée Royal d'histoire naturelle.
24. Budapest, Ungarn. Ungarische Akademie der Wissenschaften:
   a) Almanach 1913.
   b) Rapport 1912.
   c) Mathem.-Naturw. Berichte.
25. Budapest, Ungarn. Königl. Ungarische Naturwissenschaftl. Gesellschaft:
   a) Botanische Sektion:
      Botanikai Közlemények.
   b) Zoologische Sektion:
      Allattani Közlemények.
26. Buenos Aires, Argentinien. Universidad Nacional.
27. Buenos Aires, Argentinien. Museo Nacional de historia natural.
28. Bukarest, Rumänien. Société des Sciences.

29. Cambridge, England. Philosophical Society:
Proceedings vol. XVII, 4, 5, 6 (1914).

30. Cambridge, Mass. U. S. A. Museum of Comparative Zoology. Harward College:
a) Bulletin vol. 54 (No. 20—21), vol. 55 (No. 1, 2), vol. 56 (No. 1, 2), vol. 57 (No. 1—7).
b) Annual Report.

31. Chicago. U. S. A. Academy of Sciences.

32. Chicago. U. S. A. University of Chicago.

33. Cincinnati, Ohio. U. S. A. Society of Natural History.

34. Columbia, Mo. U. S. A. University of Missouri:
Bulletin Science Series.

35. Cold Spring Harbour, Suffolk, Co., N. Y. U. S. A.:
Biological Laboratory.

36. Cleveland, O. U. S. A. Western Reserve University.

37. Christiania, Norwegen. Videnkabs Selskabet.

38. Cordoba, Argentinien. Academia Nacional de Ciencias exactas:
Boletini vol. XIX, 1, 2a, 3a, 4a (1913).

39. Columbia, Mo. U. S. A. The University of Missouri:
Bulletin. Science Series vol. 1 (1—6), vol. 2 (1, 2).

40. Dresden. Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde:
Jahresbericht 1913/14.

41. Dublin, Irland. Royal Dublin Society:
a) Scientific Proceedings vol. XIV (1—16).
b) Economic Proceedings vol. II, No. 7.

42. Düsseldorf. Medizinische Akademie.

43. Edinburgh, Schottland. Royal Society of Edinburgh:
a) Proceedings vol. XXXIII (4, 1913), vol. XXXIV (1, 2, 1914).
b) Transactions.

44. Erlangen. Physikalisch-medizinische Societät zu Erlangen:
Sitzungsberichte Bd. 45 (1913), Bd. 46 (1914).

45. Frankfurt a./M. Physikalischer Verein:
Jahresbericht 1912/13, 1913/14.

46. Frankfurt a./M. Senckenbergische Gesellschaft.

47. Freiburg i./B. Naturforschende Gesellschaft:
a) Berichte Bd. 20, Heft 2 (1914), Bd. 21, Heft 1 (1914).
b) Referate aus den fachwissenschaftlichen Sitzungen: Medizinische Abteilung.

48. Genf, Schweiz. L'Institut National Genevois.

49. Genf, Schweiz. Société de Physique et d'Histoire naturelle.

50. Giessen. Oberhessische Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde:
Berichte. Naturwissenschaftliche Abteil.
Medizinische Abteil. Bd. 8 (1913).

51. Göttingen. Königl. Gesellschaft der Wissenschaften:
a) Nachrichten (Mathem.-physik. Klasse) 1913 (Heft 4). 1914 (Heft 1—4). 1915 (Heft 1, 2).
b) Geschäftliche Mitteilungen 1914, Heft 1, 2. 1915, Heft 1.

52. Granville, Ohio. U. S. A. Denison University:
Bulletin of the Scientific Laboratories vol. 14 (1908/9), vol. 15 (1910), vol. 16 (1910/11), vol. 17, p. 1—201 (1912).

53. Graz. Oesterreichischer Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark:
Mitteilungen.

54. Greifswald. Universitätsbibliothek.

55. Greiz. Verein der Naturfreunde zu Greiz:
Abhandlungen und Berichte Bd. VI, 1911.

56. Groningen, Holland. Natuurkundig Genootschap:
Verslag 1912, 1914.

57. Guben. Niederlausitzer Gesellschaft für Anthropologie und Altertumskunde:
Mitteilungen Bd. 11 (1—4).

58. Haarlem, Holland. Musée Teyler:
Archives Ser. 2, vol. 12 (1910/11), Ser. 3, vol. 1 (1912), vol. 2 (1914).

59. Haarlem, Holland. Holländische Gesellschaft der Wissenschaften.

60. Halle a./S. Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinische Akademie der Naturforscher.

61. Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein:
a) Verhandlungen 1913/1914.
b) Abhandlungen Bd. XX, Heft 2 (1914).

62. Heidelberg. Naturhistorisch-Medizinischer Verein:
Verhandlungen, N. F. Bd. 12, Heft 3, 4 (1913), Bd. 13, Heft 1 (1914).

63. Helder, Holland. Zoologische Station der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging:
Tijdschrift II. Ser., Deel XII, Lief. 4 (1914). Deel XIII, Lief. 1—4. Deel XIV, Lief. 1, 2.

64. Helgoland. Königliche Biologische Anstalt.

65. Helsingfors, Finland. Societas Scientiarum Fennica.

66. Hermannstadt, Siebenbürgen. Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften.

67. Hobart, Australia. Royal Society of Tasmania:
Papers and Proceedings 1913.

68. Jassy, Rumänien. Universität:
Annales scientifiques de l'université T. 8, H. 1—4 (1914/15), T. 9, H. 1, 2 (1915), 3, 4 (1916).

69. Jassy, Rumänien. Societatea de Medici si Naturalisti.

70. Jassy, Rumänien. Societatea de Stiinti.

71. Jena. Medizinisch-Naturwissenschaftliche Gesellschaft.

72. Innsbruck. Oesterreichische Universitätsbibliothek.

73. Jowa City, Jowa. U. S. A. State University of Jowa.

74. Ithaka, N. Y. U. S. A. Cornell University.

75. Karlsruhe. Naturwissenschaftl. Verein in Karlsruhe i./B.:
Verhandlungen.

76. Kasan, Russland. Kaiserliche Universität.

77. Kasan, Russland. Société physico-mathématique.

78. Kharkow, Russland. Société des naturalistes à l'Université de Kharkow:
Travaux Bd. 45.

79. Kiel. Anthropologischer Verein in Schleswig-Holstein:
Mitteilungen.

80. Kiel. Universitätsbibliothek.

81. Kiew, Russland. Société des Naturalistes:
Mémoires.

82. Kiew, Russland. Kaiserl. Wladimir-Universität.

83. Köln a. Rh. Akademie für praktische Medizin:
Festschrift zur Feier des 10jährigen Bestehens. Bonn 1915.

84. Königsberg i./Pr. Physikal.-Oekonom. Gesellschaft.

85. Königsberg i./Pr. Landwirtschaftlicher Central-Verein:
Jahresbericht.

86. Kopenhagen, Dänemark. Kong. Danske Videnskabernes Selskab. Kjobenhavn:
Oversigt over Forhand'ingen 1913, No 6, 1914, No. 1—6, 1915, No. 1—4.

87. Kopenhagen, Dänemark. Naturhistorisk Forening Kjobenhavn:
Videnskabelige Meddelelser Bd. 66 (1915).

88. Kopenhagen, Dänemark. Dänische Biologische Station:
Report of the Danish Biological Station XXII, 1914.

89. Krakau, Galizien. Akademie der Wissenschaften: Bulletin (Anzeiger) Mathem.-Naturw. Klasse:
Ser. A. Mathematische Wissensehaften.
Ser. B. Biologische Wissenschaften.

90. Kyoto, Japan. The College of Sciences and Engineering. Imperial University:
Memoirs.

91. Lausanne, Schweiz. Institut Agricole de Lausanne:
Observations météorologiques.

92. Lausanne, Schweiz. Société Vaudoise des Sciences naturelles:
Bulletin.

93. Lawrence, Kansas. U. S. A. University of Kansas.

94. Leipzig. Königliche Gesellschaft der Wissenschaften:
Berichte über die Verhandlungen Bd. 61 (1909), Bd. 62 (1910), Bd. 63 (1911), Bd. 64 (1912), Bd. 65 (1913), Bd. 66, H. 1—3 (1914), Bd. 67, H. 1—3 (1915).

95. Lemberg, Galizien. Polnischer Naturforscher-Verein „Kopernicus“:
Kosmos Bd. 38, Heft 10—12 (1913), Bd. 39, Heft 1—3 (1914).

96. Lincoln, Nebr. U. S. A. University of Nebrasca.

97. Lissabon, Portugal. Sociedade Portugueza de Sciencias Naturais.

98. Lissabon, Portugal. Academia de Sciencias.

99. London, England. Royal Society.

100. Lübeck. Naturhistorisches Museum:
Mitteilungen der geographischen Gesellschaft und des naturhistorischen Museums.

101. Lüttich, Belgien. Université.

102. Lund, Schweden. Universitets Bibliotheket:
Lunds Universitets Årskrift (Acta Univ. Lundensis) U. S. Bd. 9, 1913, Bd. 10, 1914.

103. Madison, Wis. U. S. A. University of Wisconsin.

104. Madison, Wis. U. S. A. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters.

105. Madrid, Spanien. Real Academia de Ciencias exactas.

106. Madrid, Spanien. Real Sociedad Española de Historia natural:
a) Bolletin vol. 14, No. 1, 2, 3, 5 (1914).
b) Memorias vol. 9, No. 3/4.

107. Magdeburg. Museum für Natur- und Heimatkunde:
Abhandlungen und Berichte.

108. Manchester, England. Victoria University Library.

109. Manchester, England. Museum.

110. Marburg. Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften:
Sitzungsberichte 1913, 1914.

111. Melbourne, Victoria, Australien. The Royal Society of Victoria:
Proceedings vol. 26, p. 2, 1914.

112. Milwaukee, Wis. U. S. A. Public Museum of the City of Milwaukee:
Bulletin vol. 1 (1, 2).

113. Milwaukee, Wis. U. S. A. Natural History Society:
Bulletin vol. 11, No. 3, 4, vol. 12, No. 1, 2, 3, 4, vol. 13, No. 1, 2, 3.

114. Minneapolis, Minn. U. S. A. Zoological Survey of Minnesota.

115. Moskau, Russland. Société Impériale des Naturalistes.

116. München. Königlich Bayerische Akademie der Wissenschaften:
a) Sitzungsberichte (mathem.-physik. Klasse) 1913, Heft 3, 1914, Heft 1—3, 1915, Heft 1.
b) Abhandlungen (mathem.-physik. Klasse) Bd. 26, Heft 7—12, Bd. 27, Heft 1—4.
c) Register zu den Abhandlungen, Denkschriften und Reden 1807—1913.
d) R. Engelhardt, Monographie der Selachier der Münchener Staatssammlung I, 1913.
e) H. Bals, Ostasiatische Decapoden II, 1914.
f) E. Stechow, Hydroidpolypen der japanischen Ostküste II, 1913.

117. Neapel, Italien. Reale Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche:
Rendiconto 1913 (No. 6—12), 1914 (No. 1—6).

118. New Brunswick, New Jersey. U. S. A. Agricultural Experiment Stations.

119. Newcastle-on-Tyne, England. The Natural History Society of Northumberland, Durham and Newcastle-on-Tyne:
Transactions vol. IV, p. 1 (1914).

120. New Haven, Conn. Yale University.

121. New York, U. S. A. New York Academy of Sciences:
Annals vol. 23, p. 1—143.

122. New York, U. S. A. Pathological Society:
Proceedings vol. XIII, No. 1—4.

123. New York, U. S. A. Columbia University.

124. New York, U. S. A. New York University.

125. New York, U. S. A. Academy of Medicine.

126. Padova, Italien. Società veneto-trentina di Scienze naturali:
Atti 3 Ser., vol. 7, 1914.

127. Paris, Frankreich. Société zoologique de France.

128. St. Petersburg, Russland. Kaiserliche Gesellschaft der Naturforscher:
Travaux.
a) Comptes Rendus des Séances vol. 44 (1913), vol. 45 (No. 1, 2).
b) Section de Zoologie et Physiologie vol. 42, No. 2, 4, vol. 43, No. 2.
c) Section de Botanique.
d) Section de Géologie et de Minéralogie.

129. St. Petersburg, Russland. Académie Impériale des Sciences.

130. St. Petersburg, Russland. Kaiserliches Institut für experimentelle Medizin.

131. St. Petersburg, Russland. Physikalisch - Chemische Gesellschaft an der Kaiserlichen Universität.

132. Philadelphia, U. S. A. Academy of Natural Sciences.

133. Pisa, Italien. Società Toscana di Scienze Naturali:
a) Atti (Processi verbali) vol. 22, No. 5 (1913), vol. 23, No. 1, 2 (1914).
b) Memorie vol. 29, 1913.

134. Prag, Böhmen. Königlich Böhmische Akademie der Wissenschaften:
a) Sitzungsberichte 1913, 1914.
b) Jahresberichte 1913, 1914.

135. Prag, Böhmen. Deutscher Naturwissenschaftlicher Verein „Lotos“.

136. Rom, Italien. Reale Accademia dei Lincei.

137. San Francisco, California, U. S. A., Library:
Proceedings vol. III, p. 265—454, vol. IV, p. 1—13, vol. V, p. 1—31.

138. Schlesischer Bädertag:
Jahrgang 41 (1913), 42 (1914).

139. Sidney, Australien. Royal Society of New South Wales.

140. Sofia, Bulgarien. Universität.

141. Stanford University, California, U. S. A.:
   Publications (University Series).
   Schäfer, Sir E., An Introduction to the study of the endocrine glands and internal secretions. 1914.
   Meyer, A. W., The hemolymphnodes of the sheep. 1914.
   Martin, P. E., The evolution of Brazil compared with that of Spanish and Anglo-Saxon America. 1914.

142. Stockholm, Schweden. Kungl. Svenska Vetenskaps-Akademien:
   a) Arkiv for Botanik Bd. 13 (Heft 2—4, 1914), Bd. 14 (Heft 1 u. 2, 1915).
   b) Arkiv for Kemi, Mineralogi och Geologi Bd. 5 (Heft 3—6, 1914), Bd. 6 (Heft 1, 1916).
   c) Arkiv for Zoologi Bd. 8 (Heft 2—4, 1913/14), Bd. 9 (Heft 1, 2, 1914).

143. Strassburg i./Els. Universitätsbibliothek.

144. Stuttgart. Württembergischer Anthropologischer Verein:
   Fundberichte Jahrg. 21 (1913).

145. Tokyo, Japan. Medizinische Fakultät der Kaiserlichen Universität:
   Mitteilungen Bd. XI, 2 (1914), Bd. XII, Bd. XIII (H. 1, 1914).

146. Tokyo, Japan. Tokyo Zoological Society. Imperial University:
   Annotationes Zoologicae Japonenses vol. VIII, p. 3 u. 4 (1914).

147. Tokyo, Japan. College of Agriculture. Imperial University:
   Journal.

148. Topeka, Kansas, U. S. A. The Kansas Academy of Sciences.

149. Torino, Italien. Museo di Zoologia ed Anatomia comparata:
   Bollettino vol. 28 (No. 665—679), vol. 29 (No. 680—691).

150. Toronto, Canada. Universitätsbibliothek:
   Studies (Biological Series).
   Studies (Physiological Series).
   Studies (Geological Series).

151. Trondhjem, Norwegen. Kongelige Norske Videnskabers Selskabs:
   Skrifter.

152. Upsala, Schweden. Kungl. Vetenskaps Societetens Bibliothek:
   Nova Acta Regiae Societatis Scientiarium Upsalensis Ser. IV, vol. 3, Heft 8 (1914), vol. 4, No. 1—3.

153. Urbana, Ill. U. S. A. Illinois State Laboratory of Natural History.

154. Utrecht, Holland. Provinciaal Utrechtsche Genootschap van Kunsten en Wetenschappen:
   a) Verslag 1914, 1915.
   b) Aanteckeningen 1914, 1915.

155. Washington, U. S. A. National-Museum.

156. Washington, U. S. A. Smithonian Institution:
   Micellanious Collections: vol. 61 (No. 15, 22—25), vol. 63 (No. 2—5), vol. 64 (No. 1), vol. 65 (No. 1, 2, 5, 7, 8, 9).
   Publications No. 2013, 2060, 2256, 2359.

157. Wien, Oesterreich. K. K. Naturhistorisches Hofmuseum.

158. Wien, Oesterreich. K. K. Akademie der Wissenschaften.

159. Wien, Oesterreich. K. K. Zoologisch-Botanische Gesellschaft.

160. Wien, Oesterreich. K. K. Gesellschaft der Aerzte.

161. Würzburg. Physikalisch-Medizinische Gesellschaft.

162. Zürich, Schweiz. Physikalische Gesellschaft:
   Mitteilungen No. 16 (1911), No. 17 (1915).

163. Zürich, Schweiz. Zürcherische Naturforschende Gesellschaft:
   Vierteljahrsschrift Jahrg. 59 (1—4, 1914), Jahrg. 60 (1, 2, 1915).

Die Herren Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft werden freundlichst ersucht, Ihre Wünsche betreffend der Ausdehnung des Tauschverkehrs dem Schriftführer mitteilen zu wollen. Nur durch Zusammenwirken der Vertreter der verschiedenen naturwissenschaftlich - medizinischen Disziplinen kann eine einseitige Ausgestaltung der Tauschverbindungen vermieden werden.

Mitglieder-Verzeichnis
der Naturforschenden Gesellschaft zu Rostock.

(1. Januar 1916.)

Ehrenpräsident:

Se. Hoheit Herzog Adolf Friedrich zu Mecklenburg, Kaiserl. Gouverneur von Togo. — z. Z. Rabensteinfeld i./M.

I. Vorstand:

I. Vorsitzender:	Geheimer Medizinalrat Prof. Dr. R. Kobert.	St. Georgstr. 72.
II. „	Prof. Dr. R. Stoermer.	Schröderstr. 49.
Schriftführer:	Prof. Dr. L. Will, zugleich Herausgeber der Vereinsschrift.	Haedgestr. 35.

II. Ehrenmitglieder:

1.	Geheimrat Prof. Dr. Friedrich Merkel.	Göttingen.
2.	Prof. Dr. Alexander Goette.	Strassburg.

III. Korrespondierende Mitglieder:

1.	Prof. Dr. Johannes Müller.	Düsseldorf, Kronprinzenstrasse 49.

IV. Ordentliche Mitglieder:

1.	Anders, H., Dr., Oberarzt.	Alexandrinenstr. 76.
2.	Balzer, Dr. med. vet.	Orleansstr. 5.
3	Barfurth, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Graf Schackstr. 7.
4.	Baumann, E., Dr., Abteilungsvorstand a. d. landwirtschaftl. Versuchsstation.	Landwirtschaftl. Versuchsstation.
5.	Becher, Prof. Dr.	Körnerstr. 1.
6.	Bennecke, Prof. Dr.	Friedrich Franzstr. 89.
7.	Best, Dr., Privatdozent.	Schillerplatz 11.
8.	Biermann, Werner, Rittergutsbesitzer.	Gr.-Lüsewitz.

9.	Birgfeldt, P., Zahnarzt.	Friedrich Franzstr. 1c.
10.	Bornhöft, E., Prof. Dr.	St. Georgstr. 84.
11.	Brandt, Dr., W.	Chemisches Institut.
12.	Brüning, Prof. Dr.	St. Georgstr. 102.
13.	v. Brunn, Dr., Spezialarzt.	Augustenstr. 110.
14.	Büttner, Prof. Dr.	Friedrich Franzstr. 37d.
15.	Bumke, Prof. Dr.	Gehlsheim.
16.	Burchard, Dr., Privatdozent.	Augustenstr. 122.
17.	Dettweiler, Dr., Privatdozent, Geh. Rat.	Lloydstr. 16.
18.	Dilling, Walter, Dr.	Aberdeen, Schottland, Gladstone Place 2.
19.	Disqué, Ludwig, Dr.	Johann Albrechtstr. 17.
20.	Dragendorff, Kurt, Dr.	Patriotischer Weg.
21.	Dugge, Dr., Sanitätsrat, Privatdozent.	Augustenstr. 26.
22.	Eberhard, Dr., Spezialarzt.	Augustenstr. 8.
23.	Ehrich, Prof. Dr.	St. Georgstr. 100.
24.	Falckenberg, Dr., Assistent am physikalischen Institut.	Strandstr. 62.
25.	Falkenberg, Prof. Dr., Geh. Hofrat.	Friedrich Franzstr. 37a.
26.	Fischer, Joh., Dr., Assistent an der Irrenanstalt.	Gehlsheim.
27.	Franke, Dr., Professor.	Loignystr. 11.
28.	Frieboes, Dr., Professor.	Bismarckstr. 10.
29.	Friese, Heinrich, Dr., Entomolog.	Schwerin, Kirchenstrasse.
30.	Gassner, G., Dr., Privatdozent.	Johann Albrechtstr. 15.
31.	Geinitz, E., Prof. Dr., Geh. Hofrat.	Augustenstr. 25.
32.	Gildemeister, E., Rittergutsbesitzer.	Dummerstorf b. Kavelstorf.
33.	Goerbig, Fritz, Dr., Assistent am physiologischen Institut.	Paulstr. 21.
34.	Gonnermann, Dr., Chemiker.	Tessiner Chaussee 6.
35.	Gross, Betriebschemiker.	Schnickmannstr. 35/36.
36.	Grünberg, Dr., Privatdozent.	Bismarckstr. 3.
37.	Hanser, Dr., Privatdozent.	Lindenbergstr. 2.
38.	Harm, Dr., Tierarzt.	Warnemünde.
39.	Hauser, Dr., Privatdozent.	Eschenstr. 1.
40.	Heiden, Dr., Hauptlehrer.	Prinz Friedrich Karlstr. 2.
41.	Heilmann, Dr., Fabrikbesitzer.	Güstrow, Chemische Fabrik.
42.	Heinrich, Dr., M., Abteilungsvorstand.	Friedrich Franzstr. 66a.
43.	Henczynski, Dr., Sanitätsrat.	Alexandrinenstr. 95.
44.	Heydweiller, Prof. Dr.	Kaiser Wilhelmstr. 2.
45.	Hilbrandt, G., Veterinärrat, Kreistierarzt.	Zelckstr. 17.
46.	Honcamp, Prof. Dr.	Landwirtschaftl. Versuchsstation.
47.	Hosemann, Prof. Dr.	Schröderstr. 24.
48.	Josephy, Dr., Assistent an der Staats-Irrenanstalt Friedrichsberg.	Hamburg.
49.	Knöner, Waldemar, Assistent am zahnärztlichen Lehrinstitut.	Schröderstr. 36.

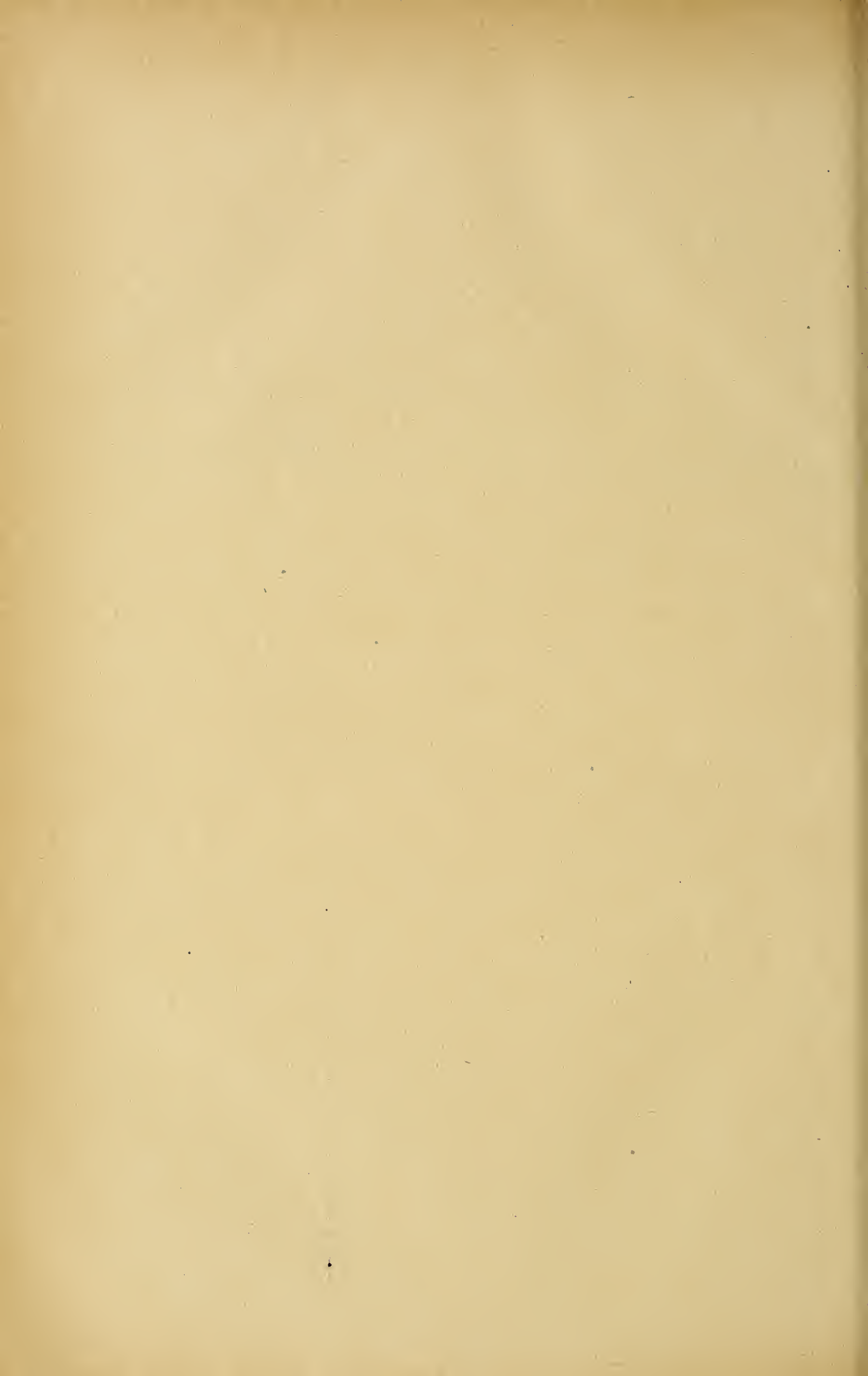
50.	R. Kobert, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat, I. Vorsitzender.	St. Georgstr. 72.
51.	K. Kobert, Dr., Abteilungsvorstand am Landesgesundheitsamt.	Orleansstr. 4.
52.	Körner, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Friedrich Franzstr. 65.
53.	Konow, Hofapotheker.	Bei der Marienkirche 18.
54.	Kühn, Prof. Dr.	St. Georgstr. 18.
55.	Kümmell, Prof. Dr.	St. Georgstr. 16.
56.	Kulenkampff, J., Gutsbesitzer.	Kl.-Kussewitz bei Mönchhagen.
57.	Lechler, Dr., Sanitätsrat.	Augustenstr. 13.
58.	Lehmann, Dr., Assistent a. d. chirurg. Klinik.	Universitäts-Krankenhaus.
59.	Leiske, H., Apotheker.	Kiel.
60.	Leonhardt, R., Ingenieur.	Göbenstr. 15.
61.	Lindenberg, Dr., Assistent an der chirurgischen Klinik.	Schrödersplatz 1 a.
62.	Lorenzen, Jörgen, cand. chem.	Schnickmannstr. 18.
63.	Lübben, Karl, Dr.	Berlin W. 9, Kaiserl. Telegraph. Versuchsamt, Königgrätzerstrasse 20.
64.	Lübcke, Oberlehrer.	St. Georgstr. 65.
65.	Martini, E., Dr.	Hamburg, Institut für Tropenhygiene.
66.	Martius, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Friedrich Franzstr. 7.
67.	Marung, Dr., praktischer Arzt.	Wallgrabenstr. 4.
68.	Meinertz, Prof. Dr.	Worms a. Rh.
69.	Mönnich, Prof. Dr.	Gehlsdorf.
70.	Montag, K., Assistent am pharmakol. Institut.	Haedgestr. 10.
71.	Moral, H., Dr, Privatdozent.	Bismarckstr. 24.
72.	Müller, W., Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Kaiser Wilhelmstr. 16.
73.	Muthmann, Dr., Privatdozent.	Wismarschestr. 6.
74.	Nagelschmidt, Franz, Dr., Spezialarzt.	Berlin W. 50, Tauenzienstr. 7B.
75.	Niewerth, R., Dr.	Augustenstr. 31.
76.	Osswald, Prof. Dr.	Paulstr. 32.
77.	Peters, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Prinz Friedrich Karlstr. 7.
78.	Pfeiffer, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Stephanstr. 4.
79.	Queckenstedt, Dr., Privatdozent.	St. Georgstr. 56.
80.	Reich, M., Dr., Nahrungsmittelchemiker.	Berlin-Neukölln, Emserstrasse 5, I.
81.	Reinhardt, Prof. Dr.	Adolf Wllbrandtstr. 2.
82.	Reinmöller, Prof. Dr.	Alexandrinenstr. 8a.
83.	Rolle, Dr., Oberlehrer.	Kirchenstr. 4.
84.	Sagawe, Dr., Assistent am staatswissenschaftlichen Seminar.	Bismarckstr. 27.
85.	Schalhorn, Dr., Apotheker.	Neuer Markt 13.
86.	Schatz, Prof. Dr., Geh. Medizinalrat.	Loignystr. 1.

87.	Scheel, Paul Friedrich, Dr.	München, Orthopäd. Klinik, Harlachingerstr. 12.
88.	Scheven, Prof. Dr., Stabsarzt.	Danzig.
89.	Schlüter, Franz, Dr., praktischer Arzt.	Alexandrinenstr. 93.
90.	Schlüter, Dr., Sanitätsrat.	Gehlsheim.
91.	Schmidt, W., Dr., Spezialarzt.	Alexandrinenstr. 94.
92.	Schmidt, Fr., Dr., Spezialarzt.	Augustenstr. 11.
93.	Schneider, G., Dr., Landwirt.	Augustenstr. 21.
94.	Schröder, Dr., Assistenzarzt an der Frauenklinik, Privatdozent.	Doberanerstr. 135.
95.	Schulze, Dr., Oekonomierat.	Zuckerfabrik.
96.	Schwalbe, Prof. Dr.	Zelckstr. 12.
97.	Sarvey, Prof. Dr., Geheimer Medizinalrat.	Frauenklinik.
98.	Seehaus, Apotheker.	Warnemünde.
99.	Sieburg, Privatdozent, I. Assistent am pharmakologischen Institut.	Zochstr. 11.
100.	Soeken, Dr., Direktor.	Friedhofsweg 29.
101.	Stahl, Richard, Dr.	Friedhofsweg 2.
102.	Stau, Bruno, Dr. Abteilungsvorstand an der landwirtschaftl. Versuchsstation.	Luisenstr. 17, I.
103.	Staude, Prof. Dr., Geh. Hofrat.	St. Georgstr. 38.
104.	Stoermer, R., Prof. Dr., II. Vorsitzender.	Schröderstr. 49.
105.	Tessin, Dr., Oberlehrer.	Zelckstr. 5.
106.	Tesch, Fr., Gymnasiallehrer.	Talstr. 2.
107.	Toppe, Dr., Oberlehrer.	Ludwigslust.
108.	Ule, Prof. Dr.	Graf Schackstr. 5.
109.	Universitätsbibliothek.	Universität.
110.	Verhein, Adolf, Lehramtskandidat.	Schwerin, Helenenstr. 12.
111.	Vogt, Walter, Dr., Prosektor.	St. Georgstr. 63a.
112.	Wachs, Horst, Dr., Assistent am zoologischen Institut.	Orleansstr. 9.
113.	Walter, Prof. Dr.	Gehlsheim.
114.	Weber, Prof. Dr.	Wismarschestr. 5.
115.	Weber, R., Assistent am Landesgesundheitsamt.	Friedrich Franzstr. 47, II.
116.	Wegner, Dr., Privatdozent.	Lindenstr. 6.
117.	Weinberg, Dr., Assistent an der medizinischen Klinik.	Universitätskrankenhaus.
118.	Wigand, G., Prof. Dr.	Graf Schackstr. 6.
119.	Wigand, Georg, Zahnarzt.	Hopfenmarkt 23.
120.	Winterstein, Prof. Dr.	Schillerplatz 10.
121.	Will, L., Prof. Dr., Schriftführer.	Haedgestr. 35.
122.	Witt, Dr., Apotheker.	Warnemünde.

123.	Witte, Fr. C., Dr., Fabrikbesitzer.	Schnickmannstr. 35/36.
124.	Wolff, Bruno, Dr., Privatdozent.	Johann Albrechtstr. 19.
125.	Zabel, Dr., Spezialarzt.	St. Georgstr. 12.
126.	Zimmermann, H., Dr., Abteilungsvorstand an der landwirtschaftlichen Versuchsstation.	Satower Chaussee 5.

Die Herren Mitglieder werden freundlichst ersucht, Wohnungsveränderungen dem Schriftführer anzeigen zu wollen.

Mitgliederanmeldungen sind an einen der beiden Vorsitzenden oder an den Schriftführer zu richten.



II. Abhandlungen.

Ueber Mycocecidien der Rostform *Gymnosporangium clavariaeforme (Jacqu.) Reess* auf Rotdorn.

Von

Dr. H. Zimmermann-Rostock.

Mitteilung aus der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Rostock,
Abteilung für Pflanzenschutz.

(Hierzu Tafel 1 und 2.)

Eingegangen bei der Redaktion am 24. September 1913.

Gymnosporangium clavariaeforme gehört zu den merkwürdigen Rostpilzen, zu denen bekanntlich auch der häufigere Birnenrost *Gymnosporangium sabinae-fuscum* zählt, deren Teleutosporen und Aezidien sich auf verschiedenen Nährpflanzen entwickeln. Uredosporen dieser Pilzform sind nicht bekannt, sofern man nicht mit Kienitz-Gerloff[1]) dünnwandige Teleutosporen, welche neben den dickwandigen beobachtet werden, als Uredosporen ansehen will.

Die Teleutosporen von *Gymnosporangium clavariaeforme* finden sich auf lebenden Zweigen des Wacholders *(Juniperus communis)*[2]) in orangegelben Gallertmassen eingebettet, welche im trockenen Zustande anfangs nadelförmig, je nach dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft, zu zungen- oder fingerförmigen[3]) Lappen aufquellen, später abfallen oder eintrocknen (vergl. Tafel II). Die Entwicklung

[1]) Botan. Zeitung. 1888. S. 389.

[2]) Nach Magnus auch auf *Juniperus sibirica.* — Magnus, P., Bemerkungen über einige Gattungen der Melampsoreen. Berichte der Deutschen botan. Gesellschaft. Bd. 27. 1909. S. 320—327.

[3]) Daher auch die Synonyme: ***Tremella clavariaeformis** Jacq., **Tremella digitata** Villars, **Tremella lingularis** Bulliard.*

dieser Teleutosporengallerte[4]) fällt in den April und Mai, ihre Entstehung wird bedingt durch das Aufquellen der Sporenstiele und deren äusseren Membranschichten. Das Myzel perenniert in der Rinde des Wacholders. Die langgestielten, langgestreckten, spindelförmigen, in der Mitte eingeschnürten, hellgelbbraunen Teleutosporen sind nach Winter[5]) 70—120 μ lang, 14—20 μ breit. Für die dünnwandigen Teleutosporen, die Kienitz-Gerloffschen „Uredosporen", findet v. Tubeuf[6]) durchschnittlich eine Länge von 106 μ und eine Breite von 13—14 μ, für die dickwandigen Teleutosporen 86—96 μ × 12—16 μ. Verfasser selbst konnte an dem im April 1913 beobachteten Untersuchungsmaterial die Länge der Sporen auf durchschnittlich 70 μ berechnen, vereinzelt betrug die Länge 60 μ. Die Breite betrug durchschnittlich 15 μ, die Sporen zeigten sich bald schwächer, bald stärker eingeschnürt. Von Interesse ist der Hinweis von v. Tubeufs, dass man früher, so noch Ratzeburg, die sekundären Inquilinen, welche sich in den von *Gymnosporangium clavariaeforme* hervorgerufenen Zweiganschwellungen auf Wacholder ansiedelten, für die primären Wucherungserreger ansah.

Im Gegensatze zu den Teleutosporen entwickeln sich die Aezidien von *Gymnosporangium clavariaeforme*, denen Spermogonien voraufgebildet werden, vornehmlich auf Crataegusarten[7])[8]), indem sie hier auf Zweigen, Blättern, Blüten, Fruchtstielen und Früchten orangegelbe Anschwellungen (Mycocecidien) hervorrufen, welche mit Deformation der Fruktifikationsorgane, sowie mit Hypertrophien und Krümmungen der Zweige infolge der in das Pflanzengewebe eindringenden Myzelfäden verbunden sind (vergl. Tafel I). Dass diese Hypertrophien lokale Schädigungen der Wirtspflanze be-

---

[4]) Abb. vergl. v. Tubeuf, Generations- und Wirtswechsel unserer einheimischen *Gymnosporangium*-Arten und die hierbei auftretenden Formveränderungen, mit 3 Abb. Ztrlblatt f. Bact. u. Parasitenkunde. Bd. IX. 1891. S. 89. Referat Sorauer, Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten. 1. S. 110.

[5]) Rabenhorst, Pilze. Bd. I. Abt. 1. S. 233.

[6]) Vergl. [4]).

[7]) Winter (vergl. [5]) gibt ausser *Crataegus oxyacantha,* noch *nigra, melanocarpa* und *lobata* an.

[8]) 1906 fand sich nach Ludwig *Gymnosporangium clavariaeforme* auf Birnen, in Verbindung mit *Roestelia lacerata* auf Wacholder in Ruppersdorf (Kreis Schleiz). In dem betreffenden Garten waren die Rosen im Winter mit Wacholder zugedeckt worden. — Bericht der Landwirtschaft. Heft 13. Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen 1906.

dingen können, erhellt aus den im nachstehenden mitgeteilten Beobachtungen. Anatomische Untersuchungen über diese Missbildungen stellten unter anderen Wörnle[9]) und de Lamarlière[10]) an. Die Aezidien der Gymnosporangien wurden früher als eine besondere Pilzform angesehen, die mit *Roestelia* bezeichnet wurde. Die zu *Gymnosporangium clavariaeforme* gehörige *Roestelia* ist als *Roestelia lacerata* bekannt. Die länglichen, feinwarzigen, gelbbraunen Sporen der Aezidien sind 22—40 μ lang, 19—28 μ dick. Spermogonien und Aezidien finden sich von Juni bis Oktober.

Farlow[11]) fand die *Roestelia lacerata* auf verschiedenen *Crataegus*-Arten, auf Früchten und Blättern von *Amelanchier canadensis* und auf wilden und kultivierten Aepfeln. In der Ackerbauschule Stend b. Bergen wurden nach Schöyen[12]) namentlich die zweijährigen Weissdornpflanzen von *Gymnosporangium clavariaeforme* stark belästigt. Fischer[13]) hält das Auftreten der Aezidien in der Schweiz ausser auf *Crataegus* auch auf *Cotoneaster* für wahrscheinlich.

Die Verbreitung von *Gymnosporangium clavariaeforme* ist eine ziemlich ausgedehnte; ausser in Deutschland findet sich diese Rostform nach den Angaben der phytopathologischen Literatur in den letzten Jahren u. a. in Norwegen[12]), Finnland[24]), Schweiz[13]), Italien[14]) [15]) [16]) [17]), Amerika[18]) [19]) [20]), Tirol[21]).

Besonderes Interesse bieten die mannigfachen Infektionsversuche. Neben anderen erreichten nach Uebertragung der

---

[9]) Wörnle, Anatom. Untersuchung der durch *Gymnosporangium*-Arten hervorgerufenen Missbildungen. Inaugural-Dissertation. München 1894.

[10]) Géneau de Lamarlière, Sur les mycocécidies des *Gymnosporangium*. — Annales des sciences naturelles, Botanique. Paris. 9. Ser. T. II. S. 313—350 mit Abb.

[11]) Farlow, The *Gymnosporangium* or Cedar Apples of the United States. Boston 1880.

[12]) Schöyen, W. M., Beretning om Skadeinsekter og Plantesygdomme 1899. Kristiania 1900.

[13]) Fischer, Ed., Biologie der Gattung *Gymnosporangium* der Uredineen. Société helvétique des sciences naturelles à Fribourg. Archives des Sciences phys. et natur. t. XXIV. Nov. 1906.

[14]) Gabotto, La ruggine del bianco spino. L'Italia Agricola. 1908. S. 108

[15]) Noelli, Contribuzione allo studio dei micromiceti del Piemonte. Malpighia 1905. S. 329—372.

[16]) Turconi, M., Intorno alla micologia lombarda. Atti Istit. botan. Pav. Vol. XII. S. 57.

Teleutosporen von *Gymnosporangium clavariaeforme* eine Infektion auf

Crataegus oxyacantha: Peyritsch[21]), v. Tubeuf[4]), Klebahn[22])[23]), Liro[24]), Rathay[25]), Oersted[26]), Plowright[27]).

" *monogyna*: Klebahn[22])[23]), Rathay[25]).

" *grandiflora*: v. Tubeuf[4]).

" *sanguinea*: v. Tubeuf[4]).

" *nigra*: v. Tubeuf[4]).

" *tomentosa*: Thaxter[28]).

Pirus communis: Klebahn[22])[23]) (teilweise), Peyritsch[21]), Rathay[25]), Plowright[27]) (wenige Male).

Sorbus aucuparia: Peyritsch[21]), v. Tubeuf[4]) (nur Spermogonien), Klebahn[22]) (Spermogonien).

" *torminalis*: Rathay[25]).

" *latifolia*: v. Tubeuf[4]).

Amelanchier vulgaris (Aronia rotundifolia): Klebahn[23]).

" *canadensis*: Thaxter[28]).

Cydonia vulgaris: v. Tubeuf[4]) (nur Spermogonien), Peyritsch[21]) (vollkommen).

---

17) Massalongo, C., *Gymnosporangium clavariaeforme sul Juniperus* in provincia di Verona. Bolletino della società botanica italiana. Florenz 1904. S. 158.

18) Freeman, Ell., A preleminary list of Minnesota *Uredineae*. Minnesota Bot. Studies. Ser. II. Part. V. 1901.

19) Richards, H. M., The Uredostage of *Gymnosporangium* (Botanical Gazette). 1889. Sept. S. 211—216. With Plate XVII.

20) Harshberger, Proc. Akad. Nat. sc. Philadelphia 1902. S. 461—504. Tafel 22. 23.

21) Magnus, P., Die von Peyritsch in Tirol gesammelten und im Herbarium der K. K. Universität in Innsbruck aufbewahrten Pilze. Berichte des naturwissensch. medizin. Vereins in Innsbruck. XXI. Jahrg. 1892—1893.

22) Klebahn, H., Kulturversuche mit Rostpilzen. X. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten. 12. S. 150.

23) Klebahn, H., Kulturversuche mit Rostpilzen. XII. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten. 15. S. 79.

24) Liro, Kulturversuche mit finnischen Rostpilzen. (Acta Soc. pro Fauna Flora Fennica.) Vol. XXIX. Nr. 6. S. 25.

25) Rathay, Vorläufige Mitteilungen über den Generationswechsel unserer einheimischen Gymnosporangien. Oesterr. botan. Zeitung 1880. S. 241.

26) Oersted, Botan. Zeitung 1867. S. 222.

Den Entwicklungsring in künstlicher Kultur schloss v. Tubeuf[29]), indem er von den im April bis Mai erschienenen *Gymnosporangium*-Zäpfchen auf *Juniperus* am 2. Mai *Crataegus* infizierte. Am 13. Mai zeigten sich die sogenannten Spermogonien. Am 8. Juni stäubten die Aezidien. Am 11. Juni wurde mit deren Sporen ein *Juniperus* bestäubt. Am 18. Mai des darauffolgenden Jahres wurden die neuen *Gymnosporangium*-Zäpfchen an *Juniperus* zuerst entdeckt.

Keine Infektion erreichten auf

Pirus malus: v. Tubeuf[4]), Klebahn[22])[23]), Plowright[27]), Thaxter[28]), Rathay[25]).
Sorbus Aria: v. Tubeuf[4]), Klebahn[22])[23]), Rathay[25]).
„ *americana*: Thaxter[28]).
„ *chamaemespilus*: v. Tubeuf[4]).
„ *domestica*: Rathay[25]).
„ *torminalis*: Klebahn[22])[23]).
„ *aucuparia*: Klebahn[23]), Plowright[27]).
Aronia nigra: Klebahn[22])[23]).
Amelanchier canadensis: Klebahn[22])[23]) (später einige Spermogonien).
Cydonia vulgaris: Klebahn[22])[23]).
Mespilus germanica: v. Tubeuf[4]), Klebahn[22])[23]), Rathay[25]).
Sorbus aucuparia: Plowright[27]).
Crataegus coccinea: Thaxter[28]).

Nach Klebahn[22]) infizierte das dem *Gymnosporangium clavariaeforme* verwandte *Gymnosporangium juniperinum* nur *Sorbus aucuparia,* aber nicht *Crataegus oxyacantha, Sorbus torminalis, Sorbus Aria, Pirus communis, Pirus malus, Aronia nigra, Amelanchier canadensis, Cydonia vulgaris, Mespilus germanica.*

Oersted[30]) konnte eine Infektion auch auf *Pirus malus* ausführen, es entstand jedoch eine etwas von *Roestelia lacerata* abweichend gebaute Becherform, welche als *Roestelia penicillata* bezeichnet wurde. Diese Form fand Farlow[11]) auf Aepfeln, sowie auf *Pirus angustifolia* und der Frucht von *Amelanchier canadensis.*

[27]) Plowright, Extracted from the Linnean Society Journal. Botany. 5. Mai 1887.

[28]) Contribut. from the crypt. Laboratory of Harvard Univers. 8. Dez. 1886. Proced. of the American. Akad. of arts and sc. Boston 1887. S. 259.

[29]) v. Tubeuf, Die nadelbewohnende Form von *Gymnosporangium juniperinum.* Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten. Bd. 3. S. 201.

[30]) Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 1886. S. 237.

Bezüglich einer Bekämpfung wird es daher ratsam sein, im Frühjahre (April, Mai) das Augenmerk auf die Wacholderbüsche in der Umgebung der bedrohten, zuvor genannten Nutz- und Zierhölzer zu richten, um die etwa vorhandenen Pilzgallerten noch während dieses Stadiums mitsamt den befallenen Zweigen abzuschneiden und zu vernichten, oder wenigstens die Gallerten abzusammeln, um die Ausbreitung der Teleutosporen zu vermindern. Ebenso empfiehlt sich das Abschneiden und Verbrennen kranker Zweige von *Crataegus* usw. Da man in ähnlichen Fällen[31]) bei Vermehrung von *Juniperus Sabina* durch Stecklinge beobachtete, dass die Abkömmlinge kranker Individuen ebenfalls wieder die *Roestelia*-Form hervorbrachten, so tut man auch in dem vorliegenden Falle gut, nur Stecklinge von gesunden Pflanzen zu nehmen. Ferner ist auf die sachgemässe Auswahl bei Anpflanzungen von Coniferen unter Fortlassung verdächtiger Wacholderarten in der Nähe der genannten Nutz- und Ziergehölze[32]) besonders zu achten.

Im nachstehenden will Verfasser einen besonderen Fall mitteilen, welcher für den Wirtswechsel, sowie für die Uebertragung des Pilzes ein gutes Beispiel abgibt. Durch das liebenswürdige Entgegenkommen des Herrn Sanitätsrates Dr. Ebert-Grevesmühlen*), dem Verfasser für die gefällige Unterstützung durch Berichterstattung und Einsendung von Untersuchungsmaterial zu besonderem Danke sich verpflichtet fühlt, gelangten wir Anfang September 1912 in den Besitz von Rotdornpflanzenteilen, welche in reichem Masse Mycocecidien des in Mecklenburg anscheinend seltener zur Beobachtung gelangenden Rostpilzes *Gymnosporangium clavariaeforme* aufwiesen. Die seltsamen Umbildungen, veranlasst durch die Aezidien des Pilzes, lassen sich deutlich auf der zugehörigen Tafel I erkennen. 1—3 stellen Wucherungen an Zweigen, 4 und 5 solche auf Blättern dar. 6—9 lassen die Deformation der Blüte, 10 und 11 des Fruchtstieles, 12 der Frucht erkennen. Für die Geschichte des Befalles sind die Angaben und Beobachtungen des Herrn Einsenders von Wert. Schon Anfang

---

[31]) Cramer, Ueber den Gitterrost der Birnbäume. Solothurn 1876. S. 7.

[32]) Geucke, W., Inwieweit bedeutet die Nähe von Coniferen eine Gefahr für unsere Obstgehölze? Pomologische Monatshefte. 1904. S. 10—14. 37—42.

*) Verfasser war durch eine von dem Herrn Einsender im „Prakt. Ratgeber im Obst- und Gartenbau", 1912, S. 335 gestellten Frage, dessen Beantwortung durch Herrn Geheimrat Sorauer erfolgte, auf den Befall aufmerksam geworden.

August 1912 war aufgefallen, dass am Kirchhofswege in Grevesmühlen Zweige an 3—4 Jahre alten Rotdornbäumen in der Mitte durchgebrochen waren und vertrocknet herabhingen. In den Blattwinkeln und unter den Blättern konnten gallenartige Auftreibungen bemerkt werden, welche graupelzig belegt erschienen, diese Auftreibungen erstreckten sich auf den jungen Trieb. Die Ursache des Absterbens der Triebe musste in dieser Erkrankung gesucht werden. Anfang September besassen die Bäume wiederum ein normales Aussehen, abgestorbene Zweige konnten um diese Zeit nicht mehr gefunden werden, dagegen noch einige verbogene. Bemerkenswert war es, dass in einem am Kirchhofswege belegenen Garten, welcher nur durch Drahtzaun abgetrennt ist, zwei *Crataegus*-Bäume stehen, welche früher gepflanzt sind und nach Angabe des Besitzers jahrelang die gleiche Krankheitserscheinung gezeigt haben. Diese Bäume waren auch Anfang September noch krank. Ungefähr 500 Meter von diesem Standorte entfernt, durch eine bebaute Strasse getrennt, befinden sich auf einem freien Platze Rotdornbäume, welche gleichfalls Anfang September noch erkrankte Blätter und Früchte zeigten. Erkrankte Zweige konnten dagegen nicht bemerkt werden. Da ein Aufsuchen der Teleutosporenlager auf Wacholdersträuchern der vorgerückten Jahreszeit wegen keinen Erfolg versprach, wurde die Nachsuche auf das Frühjahr 1913 verschoben. In diesem Jahre (1913) waren noch gegen 23. April Bäume und Sträucher ohne Erfolg abgesucht worden. Am 5. Mai gelangte das erste verdächtige *Juniperus*-Material aus Grevesmühlen zur Einsendung. Es handelte sich zunächst nach Mitteilung nur um einen Wacholderbusch, der auch sonst kränklich aussah. In darauffolgender Zeit konnte jedoch noch eine weitere Anzahl erkrankter Büsche ermittelt werden. Sämtliche befallene Wacholderbüsche waren auf dem dortigen Friedhofe, also in der Nähe der im Vorjahre als befallen ermittelten Rotdornbäume, befindlich. Die Untersuchung der eingesandten Zweige liess die zuvor erwähnten, zu *Roestelia lacerata* gehörigen, orangefarbenen, nadelartigen Teleutosporenlager von *Gymnosporangium clavariaeforme* erkennen. Die knorpeligen Sporenlager, nicht allzu sehr in der Grösse von den Nadeln des Wacholders abweichend, wachsen aus der Rinde hervor und können daher auf den ersten Anblick leicht zu einer Verwechselung mit entarteten Wacholdernadeln führen (vergl. Tafel II). Infolge des Befundes wurde zwecks Einschränkung des Befalles

wie nachstehend angeregt. Da das Pilzmyzel unter der Rinde der Zweige perenniert, wird man am sichersten gehen, um den Pilz auszurotten, die befallenen Zweige abzuschneiden und zu verbrennen. Soll der Strauch erhalten bleiben, so müssen wenigstens die Teleutosporenlager noch vor dem Gallertigwerden abgesucht und verbrannt werden. Gut wird man tun, die betreffenden Stellen dann mit Bordelaiser Brühe zu bestreichen. — Am 5. Juni konnte der erste diesjährige Besatz eines Rotdornblattes mit *Gymnosporangium clavariaeforme* festgestellt werden, während um die gleiche Zeit die *Roestelia*-Lager gallertig aufgequollen waren. In einer Bekanntmachung vom 13. Juni wies der Magistrat in Grevesmühlen auf Anregung des Herrn Einsenders öffentlich auf den Rostbefall der auf dem Friedhofe befindlichen Wacholderbäume hin und brachte die zweckmässige Entfernung und Verbrennung der erkrankten Büsche in Vorschlag, um ein weiteres Fortschreiten der Krankheit zu verhüten. Gleichzeitig wurde ein Termin auf den 18. Juni festgesetzt, um den Besitzern von Grabstellen Gelegenheit zu geben, etwaigen Einspruch zu erheben. Infolge dieser Verhandlung sowie der persönlichen Anregungen des Herrn Einsenders konnte die Entfernung einer Anzahl kranker Sträucher erreicht werden, immerhin blieben noch weitere kranke Wacholderbüsche vorhanden, deren Beseitigung nicht durchgeführt werden konnte, da sich die Behörde nicht in der Lage befand, in diesen Fällen zwangsweise vorzugehen. Die Rotdorne standen, abgesehen von dem am 5. Juni bemerkten ersten geringen Befall, gesund und waren noch am 16. Juli ganz frei von einem Befall. Hingegen wurde auf einer Weissdornhecke, welche auf dem Friedhofe in einer Länge von 10 m einen Ablagerungsplatz für weggeworfene Kränze usw. umschliesst, ziemlich starker Befall durch den Rostpilz festgestellt. Hier zeigte sich ähnliche Mycocecidienbildung wie an dem Rotdornmaterial des Vorjahres. Die befallene Weissdornhecke befindet sich von den nächsten erkrankten, inzwischen entfernten, nördlich gestandenen Wacholderbüschen etwa 30 m, von dem nächsten kranken, noch stehenden, westlich befindlichen Wacholder etwa 100 m entfernt. Auf den erkrankten, noch stehen gebliebenen Wacholderbüschen ist um die Zeit des Weissdornbefalles nichts Auffälliges mehr zu finden. Aus den Beobachtungen ging hervor, dass die Infektionsfläche bereits eine ziemliche Ausdehnung besass. Immerhin war zu hoffen, dass das rührige Vorgehen noch Nutzen bringen würde. Gegen 7. August

fanden sich dann an den 16—18 Rotdornbäumen des Kirchhofsweges, welche 1912 in ausgedehntem Grade erkrankt und beschädigt waren, nach gründlichem Durchsuchen vereinzelte, gegen 1912 geringe Infektionsstellen an Blättern und Zweigen, hiervon wenige an vorjährigen Schnittstellen. Die Bäume sahen zurzeit der Beobachtung gesund aus, die vielen geknickten, abgestorbenen und abgebrochenen Zweige fehlen gänzlich. Die Rotdorne stehen zu beiden Seiten des etwa 10 m breiten, 50 m langen Friedhofsweges (Richtung Nord—Süd). Die nächsten von den Rotdornbäumen, etwa 40 m entfernten Wacholderbüsche waren, soweit solche als krank erkannt wurden, bereits vordem entfernt worden. Weiter befindliche, noch kranke Wacholderbüsche, deren Beseitigung nicht gelungen war, stehen etwa 200—250 m westlich und nordwestlich. Der Friedhof liegt nach Westen frei und entsprechend der vorherrschenden westlichen Windrichtung ist von den noch stehenden, kranken Wacholderbüschen immer noch neue Infektion zu befürchten, wenngleich die Entfernung für die Ausbreitung der Sporen eine verhältnismässig grosse ist. Die zuvor erwähnte, gleichfalls von den Rotdornbäumen westlich belegene Weissdornhecke ist ungefähr 150 m von diesen entfernt. Die stark zurückgeschnittene Weissdornhecke zeigt gegen 21. August nichts Krankhaftes mehr. Beachtenswert bleibt aber auch die Gefahr der Uebertragung des Rostes durch die Ueberwinterung des Myzels in den infizierten Zweigen des Rotdornes. Hierauf deutet auch das zuvor erwähnte Wiederauftreten des Pilzes an vorjährigen Schnittflächen, da gerade die Wucherungen an diesen Stellen bei der geringen diesjährigen Ausbreitung des Rostes auf dem Rotdorn sehr zufällige sein würden. Jedenfalls muss der Rostpilz auf dem Rotdorn durch möglichst frühzeitiges Entfernen der erkrankten Teile unterdrückt werden. Hierüber würde der in Betracht kommende Baumwärter oder Gärtner zu unterrichten sein. Von Wichtigkeit bleibt für die Uebertragung der Pilzsporen die Vermittelung des West- bezw. Nordwestwindes*). Wie weit sich in dem vorliegenden Falle

*) Die gleiche Rolle des West- bezw. Nordwestwindes konnte vom Verfasser im Sommer 1913 anlässlich der Uebertragung der Rostsporen von stark mit Becherfleckenrost *(Aëcidium Berberidis)* befallenen Berberitzensträuchern auf einen östlich befindlichen Roggenbestand beobachtet werden. Sämtliche den Berberitzensträuchern gegenüberliegenden Roggenpflanzen waren durch den durch die Uebertragung entstandenen Schwarzrost *(Puccinia graminis)* russig gefärbt. Die Infektion war schon von weitem an der auffallenden dunklen Färbung des Roggenbestandes zu erkennen.

noch eine Unterdrückung des Pilzes erreichen lassen wird, bleibt von den aus der weiteren Beobachtung des Pilzes gefolgerten Massnahmen im nächsten Jahre (1914) abhängig. Im vorstehenden sollte zunächst das Beispiel einer Infektion, sowie die für eine Bekämpfung von *Gymnosporangium clavariaeforme* in Betracht zu ziehenden Gesichtspunkte dargelegt werden.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel I und II.

Tafel I. Mycocecidien, hervorgerufen durch die Aezidien *(Roestelia lacerata)* von *Gymnosporangium clavariaeforme* auf Rotdorn.

1—3 Wucherungen auf Zweigen, 4—5 auf Blättern.

6—9 Deformation der Blüte, 10—11 des Fruchtstieles, 12 der Frucht.

Tafel II. Teleutosporenlager von *Gymnosporangium clavariaeforme* auf Wachholder *(Juniperus communis)*.

[Aus dem pathologischen Institute der Universität Rostock.]
(Direktor: Prof. Dr. E. Schwalbe.)

Ein Fall von tumorartiger Lebervergrösserung, hervorgerufen durch ein Trichosom, bei Molge (Triton) alpestris.

Von
Medizinalpraktikant **Paul-Detlof Moennich**-Rostock.

Eingegangen bei der Redaktion am 27. Februar 1914.

Von Herrn Privatdozent Dr. Walter wurde dem Institut ein Exemplar von Triton alpestris zur Untersuchung gesandt, das nach allmählicher, sehr beträchtlicher Zunahme des Leibesumfanges spontan eingegangen war. Bei Eröffnung der Bauchhöhle fand sich eine um das Vielfache von der Norm vergrösserte Leber. Ihre Oberfläche war teils glatt, teils von prominenten, weiss-gelblichen Knötchen und Knoten durchsetzt. Da wir vermuteten, dass es sich hier um einen malignen Tumor oder um Tuberkulose handelte, wurde die Leber in toto zwecks histologischer Untersuchung gehärtet und eingebettet. Bei der mikroskopischen Betrachtung der angefertigten Schnitte ergab sich der überraschende Befund, dass die enorme Vergrösserung der Leber durch zahlreiche Parasiteneier hervorgerufen war. Für maligne Wucherungen oder Tuberkulose liessen sich keine Anhaltspunkte finden. Dagegen zeigte es sich, dass das normale Lebergewebe grösstenteils geschwunden und auch der Pigmentgehalt stark reduziert war, während eine reichliche Bindegewebswucherung und eine erhebliche Abscessbildung bestand. Im Darm waren keine Parasiten auffindbar. Die Eier, allem Anschein nach von einer Nematodenart herrührend, lagen teils vereinzelt, teils zu mehreren angehäuft in einer Kapsel von meist nierenartiger oder rundlicher Form.

Die von einer Chitinschale umgebenen Eier waren grossenteils gut ausgereift und liessen einen wohlentwickelten Embryo in ihrem Innern erkennen. Sie wurden von Herrn Dr. Max Koch, Berlin, der die Präparate liebenswürdigerweise begutachtete und uns auch einige Literaturangaben machte, als mit grösster Wahrscheinlichkeit von einer Trichosomenart stammend, zur Gattung der Nematoden gehörig, erkannt. Schon Krabbe[1]) beschreibt Trichosomen in der Leber von Triton cristatus, die scheinbar dieselben Veränderungen gemacht haben und deren Eier in derselben Weise gelagert waren wie in unserem Falle. von Linstow[2]) berichtet von einem Trichosoma filiforme, das im Darm von Triton alpestris und cristatus gefunden wurde. Ob die in unserer Tritonenleber gefundenen Eier gerade von diesem Trichosom herrühren, konnte nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, da wir keine Muttertiere mehr zu Gesicht bekommen konnten. Während sich allerdings die Gestalt der Eier genau mit den von von Linstow beschriebenen deckt, liessen sich die die Oberfläche der Eischale durchsetzenden Kanälchen, von denen letzterer berichtet, in unserem Falle nicht sicher feststellen.

[1]) Krabbe, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1857, Band 25, pag. 520.

[2]) von Linstow, Archiv f. Naturgeschichte. 51. Jahrgang. 1885, pag. 247.

Untersuchungen über Magnetisierungszahlen von Salzen der Eisengruppe und ihre Abhängigkeit von der Konzentration.

Von

Paul Philipp-Zwickau.

Eingegangen bei der Redaktion am 25. Januar 1914.

Einleitung.

Die Untersuchungen über Magnetisierungszahlen sind ausserordentlich zahlreich; zum Teil sind es direkte Bestimmungen der Zahlenwerte, zum anderen sind es Bestimmungen, die über den Zusammenhang der Magnetisierungszahlen mit der Temperatur, der Feldstärke, der Konzentration und schliesslich mit der Konstitution der Körper Aufschluss geben sollen. Die Abhängigkeit der Magnetisierung von der Temperatur ist von vielen Forschern beobachtet und von P. Curie[1]) in dem Gesetz

$$\varkappa' T = \text{const}$$

festgelegt worden; $\varkappa'$ bedeutet hierbei den spezifischen Magnetismus und T die absolute Temperatur. Die Abhängigkeit der Permeabilität der paramagnetischen Körper von der Feldstärke ist jedenfalls sehr gering; doch haben die Darlegungen von Prof. Heydweiller[2]) es wahrscheinlich gemacht, dass in einem sehr grossen Feldstärkenbereich bei einigen Substanzen eine geringe Aenderung der Magnetisierungszahl mit der Feldstärke vorhanden ist. Noch wenig geklärt ist die Frage, wie sich die Magnetisierung

[1]) P. Curie, C. R. 115. 116. 1892.
[2]) A. Heydweiller, Ann. d. Phys. 12. 608. 1903.

mit der Konzentration ändert. — Ich will zunächst einen Ueberblick über die wichtigsten der für diese Frage in Betracht kommenden Arbeiten geben und die Resultate, soweit es nötig ist, anführen.

Die ersten eingehenderen magnetochemischen Untersuchungen über das Verhalten paramagnetischer Salze verschiedener Metalle (Cr, Mn, Ni, Fe) hat Gustav Wiedemann[1]) angestellt. Er bediente sich hierbei einer Torsionsmethode im ungleichförmigen Felde. Ist $\varkappa$ die Susceptibilität (magnet. Moment der Volumeinheit bei der Feldstärke Eins), s das spezifische Gewicht und M das Molekulargewicht eines Salzes, so definiert G. Wiedemann die Grösse

$$\varkappa' = \frac{\varkappa}{s}$$

als spezifischen Magnetismus und das Produkt $\varkappa' \cdot M$ als Molekularmagnetismus. Und er findet, dass sich der Magnetismus der Salzlösungen direkt durch Addition des Magnetismus des Lösungsmittels und des in demselben gelösten Salzes ergibt; und ferner, dass der Molekularmagnetismus für ein mit bestimmter Wertigkeit auftretendes Kation bei gegebener Temperatur nahezu unabhängig ist vom Lösungsmittel, von der Konzentration und von der Art des Anions. G. Wiedemann hat nun einen Mittelwert gebildet und diesen als „Atommagnetismus“ eingeführt.

Auf ganz andere Weise hat G. Quincke[2]) die Magnetisierungszahlen bestimmt. Er fand, dass in isolierenden Flüssigkeiten, wenn sie wie das Glas einer Leydener Flasche elektrisiert werden, eine Zugkraft parallel zu den Kraftlinien und eine Druckkraft senkrecht zu den Kraftlinien auftritt, und dass beide von nahezu gleicher Grösse sind. Die Druckkraft ist proportional dem Quadrate der elektrischen Kraft an der betreffenden Stelle und proportional der Dielektrizitätskonstanten der betreffenden Flüssigkeit. Da sich nun nach den theoretischen Ansichten von Faraday, Maxwell und Helmholtz dielektrisch und magnetisch polarisierte Körper analog verhalten, so muss bei magnetischen Flüssigkeiten unter dem Einfluss magnetischer Kräfte, ähnlich wie bei isolierenden Flüssigkeiten unter dem Einfluss elektrischer Kräfte, ein Druck senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien auftreten. Auf Grund dieser Ueber-

[1]) G. Wiedemann, Pogg. Ann. **126**. 1. 1865. **135**. 177. 1868.
[2]) G. Quincke, Wied. Ann. **24**. 392. 1885.

legung ist Quincke zu der Steighöhenmethode gelangt. Und aus den mittels dieser Methode beobachteten Druckdifferenzen berechnet er die Druckkräfte und daraus in absolutem Mass die Grösse, die von G. Wiedemann als Molekularmagnetismus eingeführt worden ist. Auch Quincke bildet einen Mittelwert, den er ebenfalls als Atommagnetismus bezeichnet. Der Atommagnetismus hat für die verschiedenen Salze desselben Metalls, bei denen gleiche Oxydationsstufen mit verschiedenen Säuren verbunden sind, nahezu dieselbe Grösse. Eine Abhängigkeit des Atommagnetismus von der Konzentration scheint nicht vorhanden zu sein.

Nach der Quinckeschen Methode hat J. Wähner[1]) Versuche angestellt. Seine Werte betragen aber nur etwas mehr als die Hälfte der Quinckeschen Werte; sie stimmen aber mit denen von Schuhmeister[2]), der seine Untersuchungen noch vor Quincke ausführte, ziemlich gut überein. Spätere Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass die von Wähner und Schuhmeister gefundenen Werte um nahezu die Hälfte zu klein sind. Beide finden, dass die Magnetisierung eines Salzes proportional mit dem Prozentgehalt der Lösung ist.

Angeregt durch G. Wiedemanns Arbeiten haben G. Jäger und St. Meyer[3]) die Magnetisierungszahlen von Metallsalzlösungen untersucht. Sie benutzen eine Modifikation der Quinckeschen Manometermethode. Aus ihren sehr ausführlichen Versuchsreihen ziehen sie folgenden Schluss: die Magnetisierungszahlen sind lediglich von der im Liter gelösten Salzmenge abhängig, hingegen völlig indifferent gegenüber Konstitutionsänderungen, wie sie durch Dissoziation, Umlagerung usw. eintreten. Die Magnetisierungszahlen verlaufen linear mit dem Molekulargehalt der Lösung. St. Meyer[4]) hat in einer weiteren Arbeit für eine Vanadiumlösung ebenfalls einen linearen Verlauf der Magnetisierungszahlen mit dem Molekulargehalt gefunden.

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung sind von Piaggesi[5]) ausgeführt worden. Er hat verschieden konzentrierte Lösungen von Eisen-, Mangan-, Kobalt- und Nickelsalzen bei ver-

---

[1]) J. Wähner, Wien. Ber. **96** (2) 85. 1887.
[2]) Schuhmeister, Wien. Ber. **83** (2) 45. 1881.
[3]) G. Jäger u. St. Meyer, Wien. Ber. **106** (2) 594. 623. 1897.
[4]) St. Meyer, Wied. Ann. **1**. 664. 1900.
[5]) Piaggesi, N. Cim. (5) **4**. 247. 1902.

schiedenen Temperaturen untersucht. In Uebereinstimmung mit P. Curie fand Piaggesi, dass das Produkt aus Susceptibilität und der absoluten Temperatur einer Konstanten gleich ist, deren Grösse nur von der Natur und der Konzentration der Lösung abhängt; und zwar nimmt das Produkt aus Susceptibilität und der entsprechenden absoluten Temperatur mit der Konzentration ab.

Der von G. Wiedemann aufgestellte Satz, dass der spezifische Magnetismus einer Lösung proportional der darin aufgelösten Gewichtsmenge des magnetischen Salzes ist, erhält durch Koenigsberger[1]) eine Erweiterung und bei Anwendung des Begriffs vom thermodynamischen Potential eine theoretische Begründung. Koenigsberger gelangt zu der folgenden Gleichung für den spezifischen Magnetismus.

$$\varkappa' = m_0 \varkappa_0' + m_1 \varkappa_1',$$

wo m_0 und m_1 die Anteile des Lösungsmittels und des gelösten Salzes am Ganzen ($m_0 + m_1 = 1$) sind; $\varkappa_0'$ ist der spezifische Magnetismus des Lösungsmittels und $\varkappa_1'$ eine Konstante, deren Deutung als spezifischer Magnetismus des festen Salzes naheliegt, aber nicht notwendig richtig zu sein braucht. Die Susceptibilität wässeriger Lösungen verschiedener Konzentration ist also sowohl für paramagnetische, als auch für diamagnetische Salze durch die Susceptibilität des Lösungsmittels, durch die Konzentration und eine Konstante numerisch bestimmt.

Die im folgenden wiedergegebene, von Prof. Heydweiller aufgestellte Tabelle enthält die von Quincke, Jäger und Meyer, Piaggesi und Koenigsberger gefundenen Zahlenwerte; m bedeutet den Gehalt an gr-Molekülen und $\varkappa_a$ den Atommagnetismus. Diese Tabelle spricht nicht für die Unveränderlichkeit der Magnetisierung mit der Konzentration. Eine Gesetzmässigkeit in der Aenderung der Magnetisierung mit der Konzentration lässt sich jedoch aus den nebenstehend angeführten Zahlen mit Sicherheit nicht feststellen; schon aus dem einfachen Grunde nicht, dass im allgemeinen zu enge Konzentrationsgrenzen eingehalten worden sind. Bei der Eisenchloridlösung von Jäger und Meyer und bei der Manganchlorürlösung von Quincke, wo je 5 Konzentrationen untersucht worden sind, lässt sich übereinstimmend ein Ansteigen und dann ein Abfallen der

[1]) J. Koenigsberger, Wied. Ann. **66**. 698. 1898.

Chloride.

	Quincke		Jäger-Meyer		Piaggesi	
$FeCl_3$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$
	0.452	14.87	0.40	12.34	0.87	15.75
	1.116	15.46	0.79	13.83	1.53	13.71
	4.47	15.64	1.31	13.60	3.89	13.51
			1.76	14.02		
			2.23	14.20		
			3.62	13.21		
$MnCl_2$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$
	0.378	15.21	1.08	15.43	0.698	17.88
	1.14	17.23	2.25	15.84	1.787	17.28
	1.70	16.71	3.55	14 83	4.52	16.37
	3.07	16.25				
	3.38	16.61				

Sulfate.

	Quincke		Jäger-Meyer		Piaggesi		Koenigsberger	
$FeSO_4$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$	m	$\varkappa a$
	0.534	11.85	0 28	11.79	0.60	12.70	0.190	10.91
	0.802	12.88	0.53	12.44	0.97	13.88	0.425	11.81
	1.65	12.33	0.88	12.10	1.65	15.56	0.973	11.47
			1.09	13.19				
$MnSO_4$	m	$\varkappa a$			m	$\varkappa a$		
	1.073	17.47			0.472	16.20		
	1.621	17.97			1.321	17.37		
	3.235	17.56			2.334	16.20		

Magnetisierung mit zunehmender Konzentration konstatieren. In anderen Reihen ist nur die Zunahme oder nur die Abnahme festzustellen.

Aehnliche Resultate haben die neueren Untersuchungen von G. Meslin[1]) und von P. Vaillant[2]) ergeben. Meslin findet eine Zunahme, Vaillant hingegen eine Abnahme der Magnetisierung mit zunehmender Konzentration.

Von grösstem Interesse und von besonderer Wichtigkeit sind die neuesten magnetochemischen Untersuchungen, die P. Pascal[3]) an komplexen Verbindungen angestellt hat. Er konnte feststellen, dass immer, wenn das Metallion eines Salzes mit seiner Valenz in ein komplexes Ion oder in den kolloidalen Zustand übergeht, das Metall zum Teil oder ganz die magnetischen Eigenschaften, die es in seinen normalen Salzen besitzt, verliert. Ferner hat er aus seinen Untersuchungen schliessen können, dass die magnetischen Eigenschaften nicht an das Atom gebunden, sondern von dem Verbande abhängig sind, in dem das Atom auftritt.

Nach Beendigung meiner Versuche erschien noch eine Arbeit von Cabrera und Moles[4]), die in starken Feldern für $FeCl_3$ und $Fe(NO_3)_3$ mit abnehmender Konzentration ein Abfallen der Magnetisierungszahlen feststellen. Bei $Fe(NO_3)_3$ ist noch ein Anstieg bei kleinster Konzentration beobachtet worden.

Durch die Theorie von Langevin[5]) und durch die Einführung des Magnetons durch P. Weiss[6]) haben diese magnetochemischen Fragen sehr an Interesse gewonnen, und ich habe gegenüber den zum Teil sehr verschiedenen Ergebnissen die Frage nach der Abhängigkeit der Magnetisierung von der Konzentration auf Veranlassung von Prof. Heydweiller von neuem aufgenommen. Nachdem schon Herr Stüdemann in einer vorhergehenden Untersuchung eine Abhängigkeit des spezifischen oder Atommagnetismus von der Konzentration in einigen Fällen feststellen konnte, habe ich eine systematische Untersuchung einer Anzahl magnetischer Salzlösungen durchgeführt.

Versuchsanordnung.

Die von mir angewandte Methode hat Prof. Heydweiller[7]) angegeben. Sie beruht auf der Bestimmung der Aenderung der

[1]) G. Meslin, C. R. **140**. 184. 1905.

[2]) P. Vaillant, C. R. **140**. 1329. 1905.

[3]) P. Pascal, Ann. chim. phys. **16**. 531. 1909. C. R. **147**. 56. 242. 742. 1290. **152**. 862. 1911.

[4]) B. Cabrera u. E. Moles, Arch. sc. phys. et nat. (4) **35**. 425. 1913.

[5]) P. Langevin, Ann. chim. phys. **5**. 70. Journ. de phys. **4**. 678. 1905.

[6]) P. Weiss, Arch. de Genève (4) **8**. 401. 1911. **34**. 197. 1912.

[7]) A. Heydweiller, Boltzmannfestschrift pag. 4. 1903.

Selbstinduktion, die durch Einführung der magnetischen Substanz in Drahtspulen hervorgerufen wird, in der Wheatstoneschen Brücke mit Induktorium und Telephon. Prof. Heydweiller hatte durch Zusatzwiderstände zum Brückendraht eine Empfindlichkeit von 10^{-5} erreicht. Um nun aber die Magnetisierungszahlen von Lösungen in weitem Konzentrationsbereich untersuchen zu können, musste diese Empfindlichkeit bedeutend vergrössert werden. Dies geschah in der Hauptsache durch Vergrösserung der Zusatzwiderstände und Verschärfung des Minimums.

Zwei Zweige der Wheatstoneschen Brücke werden gebildet von den durch einen Schleifkontakt getrennten Teilen eines 2 m langen und 4 mm dicken Manganindrahtes, dessen Widerstand 0.075 Ohm beträgt. Auf jeder Seite waren induktions- und kapazitätsfreie Widerstände von etwa 875fachem Betrage aus feinem Manganindraht von 0,06 mm Dicke hinzugefügt. Die beiden anderen Zweige bildeten die Spulen, verbunden durch 2 parallel gespannte, blanke Manganindrähte von 2 m Länge und dem Gesamtwiderstand von 2.15 Ohm; ein zweiter Schleifkontakt glitt auf diesen Drähten. Mit einem guten Telephon, das einen Widerstand von etwa 6 Ohm besass, wurde das Minimum beobachtet.

Die Spulen waren auf Glasbecher gewickelt und jede hatte 6 Lagen mit je 70 Windungen von 0,5 mm dickem, seideumsponnenem Kupferdraht. Um störende Aenderungen der Induktionswirkungen durch Temperaturunterschiede der Spulen zu vermeiden, waren die Spulen in ein mit Filz geschütztes Petroleumbad gestellt. In die Glasbecher waren Reagenzgläser eingepasst. Die Glasbecher und die Reagenzgläser waren mit Sorgfalt von möglichst gleichen Dimensionen ausgesucht.

Um bei diesem vergrösserten Widerstand in der Brücke die nötige Empfindlichkeit zu erreichen, wurde das Induktorium durch einen kleinen Wehneltunterbrecher für schwache Ströme nach H. Starke[1]) ersetzt. Ein von 20 Volt erzeugter Strom wurde durch einen Wehneltunterbrecher unterbrochen. Der Gang des Unterbrechers war zunächst sehr unregelmässig, infolge davon der Ton im Telephon sehr schlecht und eine genaue Einstellung völlig ausgeschlossen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, brachte ich auf Anraten des Herrn Dr. Falckenberg die Elektroden des Unterbrechers in getrennte Oberflächen — ein an den Enden er-

---

[1]) H. Starke, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **3**. 100. 1902.

weitertes U-Rohr eignet sich sehr gut — und vermied somit die durch die Wellenbildung an der Oberfläche bedingten Störungen. Eine weitere Verbesserung des Ganges des Unterbrechers wurde durch Einschaltung von Selbstinduktion in den Stromkreis erzielt. Mit der Veränderung der Selbstinduktion verändert sich die Unterbrechungszahl und somit die Tonhöhe des Telephontones. Man hat auf diese Weise also ein Mittel, immer einen Ton zu finden, der für die betreffende Versuchsreihe dem Beobachter am günstigsten sich herausstellt.

Mit dieser Anordnung wurde bei Aenderung des Widerstandes oder der Selbstinduktion in einem Zweig um $^1/_{4000}$ eine Verschiebung des Schleifkontaktes auf dem Messdraht von über 400 Teilstrichen (mm) erzielt; oder: der Verschiebung um 1 Teilstrich entsprach eine Aendernng des Widerstandes oder der Selbstinduktion von $6 \cdot 10^{-7}$.

Um die Dimensionsverschiedenheiten der Spulen und Gläser völlig zu eliminieren, wurden die Beobachtungen in der Weise ausgeführt, dass die Gläser, von denen das eine Lösung, das andere Wasser enthielt, zunächst gegen die Spulen und dann untereinander vertauscht wurden. Wie das angeführte Versuchsbeispiel zeigt, wurde eine ungerade Anzahl von Ablesungen gemacht, gewöhnlich fünf; das Beispiel zeigt gleichzeitig, dass das Minimum sehr scharf und eine ziemlich genaue Einstellung möglich war. Der Mittelwert der Verschiebungen wurde in die im folgenden zur Berechnung der Magnetisierungszahlen abgeleitete Formel eingesetzt.

Versuchsbeispiel für eine $FeCl_3$-Lösung: $s_{18/18} = 1.1793$
$m = 1.420$

Temperatur für Lösung und Wasser t = 18.35°	Glas I mit Lös.; Glas II mit H_2O		Glas I mit H_2O; Glas II mit Lös.	
	Einstellung des Minimums			
		Mittel		Mittel
Glas I in Spule I; Glas II in Spule II	1210 1200 1200	1203.3	1200 1200 1200	1200.0
Glas I in Spule II; Glas II in Spule I	735 735	735.0	755 750	752.5
	Verschiebung:	468.3	Verschiebung:	447.5

Es sei noch hervorgehoben, dass bei allen Versuchen aufs peinlichste jede störende Induktionswirkung vermieden wurde, die durch die Nähe von Eisenteilen, durch Wirkung der Zuleitungen auf Brücke und Telephon usw. entstehen konnte. Ferner wurde Wert darauf gelegt, dass Lösung und Wasser in den Gläsern während des Versuchs die gleiche Temperatur (ca. 18°) hatten.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass jedes Geräusch eine genaue Einstellung des Minimums sehr erschwerte. Da bei den ersten Versuchen an $FeCl_3$ und $MnSO_4$ nicht immer die erforderliche Stille herrschte, so mögen die in Tabelle I und II angeführten Zahlen nur als vorläufige Resultate gelten. In Tabelle IX und X sind die bei Wiederholung der Versuche an diesen beiden Lösungen gefundenen Zahlen angeführt.

Feldstärke.

Die Versuche wurden bei geringen Feldstärken ausgeführt, da hier eine etwaige Abhängigkeit vielleicht sicherer als bei grossen Feldstärken festzustellen ist.

Eine genaue Bestimmung der Feldstärke wurde nicht ausgeführt; sie wurde aus den Dimensionen der Spulen und aus der mit einem empfindlichen Instrument gemessenen Stromstärke berechnet. Nach Winkelmann[1]) ist im Mittelpunkt einer Spule, deren Drahtraum von zwei konachsialen Zylinderflächen von verschiedenem Radius, aber gleicher Länge eingeschlossen wird, also einen zweifach rechteckigen Achsenschnitt hat, das vom Strome Eins auf eine Magnetnadel vom Moment Eins ausgeübte Drehmoment gleich

$$c_0 = N \frac{2\pi}{r},$$

wobei: $\frac{1}{r} = \frac{1}{2d} \log \frac{r_2 + \sqrt{r_2^2 + l^2}}{r_1 + \sqrt{r_1^2 + l^2}}$ ist; ferner ist

r_1 der innere Radius,
r_2 der äussere Radius,
$2l$ die Länge,
N die Gesamtzahl der Windungen,
$2d = r_2 - r_1$.

[1]) Winkelmann, Lehrb. Bd. 4 (2). 278.

Die Messung des unterbrochenen Stromes ergab als Mittelwert 50 Milliampere, und die mittlere Feldstärke berechnete sich hiernach zu

$$H_1 = 2{,}443 \text{ Gauss.}$$

Die maximale Feldstärke war etwa 2—3 mal so gross. In diesem Feld wurden alle Lösungen untersucht; in einem schwächeren Feld, dessen mittlere Stärke

$$H_2 = 0{,}402 \text{ Gauss}$$

betrug, wurden nur die $FeCl_3$- und $MnSO_4$-Lösungen untersucht. Die Resultate sind in Tabelle IX und X enthalten.

Die numerischen Werte der in obiger Formel vorkommenden Grössen waren folgende:

$2d = 0{,}3$ cm,
$r_1 = 1{,}2$ cm,
$r_2 = 1{,}5$ cm,
$2l = 4{,}1$ cm,
$N = 420$,
$i_1 = 0.0050$ CGS für das stärkere Feld,
$i_2 = 0.0008$ CGS für das schwächere Feld.

Ableitung der Formel zur Berechnung der Magnetisierungszahlen.

Das magnetische Moment der Volumeinheit bei der Feldstärke Eins oder die Magnetisierungszahl sei $\varkappa$. In einer Lösung von der Mol.-Normalität m (m gr-Mol. in 1 Liter, oder wenn M das Molekulargewicht des gelösten Salzes ist, $m \cdot M$ gr in 1 Liter) ist in 1 cm^3-Lösung

$$g_1 = \frac{m \cdot M}{1000} \text{ gr Salz}$$

und $$g' = \frac{1000 s_1 - m \cdot M}{1000} = s_1 - g_1 \text{ gr Wasser}$$

enthalten; hierbei ist s_1 das spezifische Gewicht der Lösung.

Die Magnetisierungszahl der Lösung $\varkappa''$ setzt sich additiv zusammen aus der des gelösten Salzes $\varkappa_1 \cdot g_1$ und der des Lösungsmittels $\varkappa' \cdot g'$; also:

$$\varkappa'' = \varkappa_1 \cdot g_1 + \varkappa' \cdot g' .$$

Da nun die Magnetisierungszahl für Wasser

$$\varkappa' = -0.72 \cdot 10^{-6}$$

nach den neuesten Beobachtungen zu setzen ist, so ergibt sich

$$10^3\varkappa'' = 10^3\varkappa_1 g_1 - 0.72 \cdot 10^{-3} g' .$$

Wir setzen nun die Magnetisierung proportional der Verschiebung des Schleifkontaktes, also:

$$10^3\varkappa'' = C\delta' ,$$

hierbei ist δ' die Verschiebung, wenn in dem einen Glas Lösung in dem anderen Luft sich befindet. Diese Verschiebung δ' wird auf δ_1 vergrössert, wenn in das zweite Glas statt Luft Wasser kommt, wegen des Diamagnetismus des Wassers. Und es wird, wenn beide Gläser gleich sind,

$$C\delta_1 = 10^3\varkappa'' + 0.72 \cdot 10^{-3}$$

oder:

$$C\delta_1 = 10^3\varkappa_1 g_1 - 0.72 \cdot 10^{-3} g' + 0.72 \cdot 10^{-3} .$$

Wir lösen nach $\varkappa_1$ auf und erhalten für die Magnetisierungszahl des gelösten Salzes die folgende Gleichung

$$10^3\varkappa_1 = \frac{C\delta_1}{g_1} - \frac{0.72 \cdot 10^{-3}(1 - g')}{g_1} ,$$

setzt man für g' den obigen Wert ein, so ergibt sich schliesslich

$$10^3\varkappa_1 = \frac{C\delta_1}{g_1} - 0.72 \cdot 10^{-3} \frac{1 + g_1 - s_1}{g_1} . \qquad (1)$$

Für eine andere Lösung oder eine andere Konzentration der Lösung ergibt sich

$$10^3\varkappa_2 = \frac{C\delta_2}{g_2} - 0.72 \cdot 10^{-3} \frac{1 + g_2 - s_2}{g_2} . \qquad (2)$$

Dividiert man Gleichung (1) durch Gleichung (2), so erhält man

$$\frac{\varkappa_1}{\varkappa_2} = \frac{\frac{C\delta_1}{g_1} - 0.72 \cdot 10^{-3} \frac{1 + g_1 - s_1}{g_1}}{\frac{C\delta_2}{g_2} - 0.72 \cdot 10^{-3} \frac{1 + g_2 - s_2}{g_2}} .$$

Da die Grösse des Bruches $0.72 \cdot 10^{-3} \frac{1 + g_1 - s_1}{g_1}$ im Verhältnis zu $\frac{C\delta_1}{g_1}$ klein ist — sie beträgt z. B.

für $FeCl_3$ Lösung 1 0.2 %
„ „ „ 5 0.1 %

für $MnSO_4$ Lösung 4 0.05 %

„ $Co(NO_3)_2$ „ 1 0.3 % des Wertes $\frac{C\delta_1}{g_1}$ — so kann man annähernd schreiben

$$\frac{\varkappa_1}{\varkappa_2} = \frac{\delta_1/g_1}{\delta_2/g_2} = \frac{\delta_1 g_2}{\delta_2 g_1}.$$

C ist empirisch zu bestimmen. Für Eisenchlorid, auf das wir unsere Werte beziehen wollen, ist aus den genauesten Beobachtungen für den Molekularmagnetismus im Maximum

$$10^3 \varkappa_1 = \frac{14.2}{M},$$

für eine Normallösung oder nahe

$$10^3 \varkappa_1 = \frac{14.2}{M} \cdot m,$$

für Lösungen von der Normalität m berechnet worden[1]). Setzt man das Molekulargewicht des Eisenchlorids M = 162.2, so ergibt sich

$$10^3 \varkappa_1 = 0.0876 \text{ m}.$$

Aus Gleichung (1) ergibt sich sodann für C die Gleichung

$$C = \frac{10^3 \varkappa_1 g_1}{\delta_1} + 0.72 \cdot 10^{-3} \frac{1 + g_1 - s_1}{\delta_1}.$$

Es ergibt sich für C der numerische Wert

$$C = 0.04407 \cdot 10^{-3}.$$

Die untersuchten Lösungen.

Es wurden untersucht:

Ferrichlorid in 8 verschiedenen Konzentrationen,
Manganosulfat „ 7 „ „
Manganonitrat „ 8 „ „
Nickelonitrat „ 5 „ „
Chromisulfat „ 5 „ „
Chrominitrat „ 5 „ „
Kobaltonitrat „ 5 „ „

Die Salze waren meist von Kahlbaum bezogen.

Die Lösungen waren durch Auflösen abgewogener Mengen zu bestimmtem Volumen hergestellt. Es wurde von einer möglichst

1) A. Heydweiller, Ann. d. Phys. **12**. 614. 1903.

konzentrierten Lösung ausgegangen, deren Konzentration durch Herstellung unter Berücksichtigung des Kristallwassergehaltes bestimmt wurde, und diese auf $^1/_2$, $^1/_4$ usw. verdünnt. Die spezifischen Gewichte wurden nach einer Auftriebsmethode sehr genau bestimmt und die entsprechenden Konzentrationen aus der Konzentration der vorhergehenden konzentrierteren Lösung und den spezifischen Gewichten berechnet.

Es wurden ferner einige mit Säure versetzte Lösungen untersucht, die Herr Prof. Weber in sehr starken Feldern nach der Quinckeschen Steighöhenmethode untersucht hatte. Die Resultate für diese Lösungen sind in Tabelle VIII zusammengestellt.

Bedeutung der Zeichen.

In den nun folgenden Tabellen haben die Zeichen die folgende Bedeutung:

- M Molekulargewicht,
- $s_{18/18}$ das spez. Gew. bei 18°, bezogen auf H_2O von 18°,
- m Anzahl der gr-Mol. in 1 Liter,
- g Anzahl der Gramm in 1 cm³,
- δ Verschiebung des Schleifkontaktes auf dem Brückendraht in mm,
- $\varkappa$ spez. Magnetismus,
- $M \cdot \varkappa$ Molekularmagnetismus des gelösten Salzes.

Tabelle I.

Ferrichlorid $FeCl_3 \cdot M = 162.20$.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.5087	4.314	0.6997	1291.5	81.15	13.16
2	1.3356	2.743	0.4449	881.6	87.15	14.14
3	1.1793	1.420	0.2303	458.3	87.58	14.20
4	1.1451	1.139	0.1847	367.6	87.55	14.20
5	1.0900	0.687	0.1114	221.8	87.60	14.21
6	1.04630	0.341	0.05531	100.8	80.20	13.01
7	1.02379	0.1708	0.02771	50.0	79.42	12.88
8	1.01207	0.0869	0.01410	27.0	84.28	13.67

Tabelle II.

Manganosulfat $MnSO_4$ · M = 151.00.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.4800	3.748	0.5660	1071.6	83.34	12.59
2	1.3040	2.287	0.3454	701.2	89.39	13.50
3	1.2353	1.743	0.2632	563.7	94.31	14.24
4	1.1221	0.8715	0.1316	296.7	99.27	14.99
5	1.0619	0.4344	0.0656	140.0	93.98	14.18
6	1.03144	0.2169	0.03275	65.3	87.82	13.26
7	1.01580	0.1083	0.01635	35.5	95.65	14.44

Tabelle III.

Manganonitrat $Mn(NO_3)_2$ · M = 179.00.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.6157	4.949	0.8860	1467.0	72.75	13.02
2	1.4165	3.252	0.5821	1002.9	75.72	13.55
3	1.3208	2.472	0.4425	805.0	79.97	14.32
4	1.1628	1.226	0.2195	404.1	80.99	14.50
5	1.0825	0.6136	0.1098	205.3	82.22	14.72
6	1.04166	0.3021	0.05407	97.9	79.63	14.25
7	1.02097	0.1509	0.02701	49.0	79.80	14.28
8	1.01051	0.0741	0.01327	25.0	82.89	14.84

Tabelle IV.

Nickelonitrat $Ni(NO_3)_2$ · M = 182.70.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.4259	2.980	0.5445	300.0	24.12	4.41
2	1.2194	1.489	0.2721	145.0	23.35	4.27
3	1.1111	0.7406	0.1353	65.4	21.17	3.87
4	1.05566	0.3685	0.06733	29.0	18.86	3.44
5	1.02754	0.1819	0.03324	12.5	16.45	3.00

Tabelle V.

Chromisulfat $Cr_2(SO_4)_3$ · M = 392.41.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.3453	1.052	0.4125	300.0	31.93	6.27
2	1.1969	0.574	0.2251	176.2	34.41	6.75
3	1.1216	0.3512	0.1377	111.2	35.50	6.97
4	1.06156	0.1758	0.0689	54.0	34.46	6.76
5	1.03086	0.0882	0.0346	26.0	33.04	6.48

Tabelle VI.

Chrominitrat $Cr(NO_3)_3$ · M = 238.13.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.3295	1.846	0.4394	242.0	24.09	5.74
2	1.2159	1.194	0.2842	160.0	24.63	5.87
3	1.1092	0.5930	0.1412	76.0	23.62	5.62
4	1.05440	0.2946	0.07012	37.4	23.35	5.56
5	1.02706	0.1455	0.03462	18.0	22.75	5.42

Tabelle VII.

Kobaltonitrat $Co(NO_3)_2$ · M = 182.99.

Lösung	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	1.3675	2.636	0.4825	579.1	52.72	9.65
2	1.1870	1.310	0.2398	295.0	54.05	9.89
3	1.09234	0.6391	0.1170	140.0	52.58	9.62
4	1.04404	0.3045	0.05572	65.0	51.26	9.38
5	1.02232	0.1519	0.02779	31.0	49.02	8.98

Tabelle VIII.

	M	$s_{18/18}$	m	g	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
$Fe_2(SO_4)_3$	399.9	1.4099	1.177	0.2354	373.3	70.43	14.08
$Fe_2(SO_4)_3$	399.9	1.1592	0.870	0.1739	260.4	65.93	13.18
$MnSO_4$	151.0	1.0995	0.704	0.1063	242.5	100.49	15.17
$CoSO_4$	155.0	1.1481	0.991	0.1526	222.9	64.35	9.97
$MnCl_2$	125.8	1.0727	0.840	0.1058	292.1	121.67	15.30

Tabelle IX.

Manganosulfat $MnSO_4 \cdot M = 151.00$.

Lösung	m	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	3.748	1133.3	88.15	13.31	1160.0	90.23	13.62
2	2.287	732.5	93.39	14.10	739.0	94.22	14.23
3	1.743	565.3	94.58	14.28	565.0	94.53	14.27
4	0.8715	281.0	94.00	14.19	277.6	92.86	14.02
5	0.4344	139.0	93.27	14.08	137.2	92.08	13.90
6	0.2169	67.0	91.18	13.77	59.5	80.02	12.08
7	0.1083	34.3	92.48	13.97	29.4	79.23	11.96
		im stärkeren Feld			im schwächeren Feld		

Tabelle X.

Ferrichlorid $FeCl_3 \cdot M = 162.00$.

Lösung	m	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$	δ	$\varkappa \cdot 10^6$	$M \cdot \varkappa \cdot 10^3$
1	4.314	1296.6	81.47	13.21	1378.6	86.61	14.05
2	2.743	880.0	86.99	14.11	882.5	87.23	14.15
3	1.420	457.9	87.31	14.16	457.0	87.29	14.16
4	1.139	367.5	87.54	14.20	367.0	87.41	14.18
5	0.687	221.0	87.29	14.16	217.2	86.70	14.06
6	0.341	104.8	83 39	13.53	103.6	82.44	13.37
7	0.1708	50.8	80.80	13.10	50.6	80.37	13.04
8	0.0869	26.5	82.72	13.42	25.8	80.53	13.05
		im stärkeren Feld			im schwächeren Feld		

Diskussion der Ergebnisse.

Die einzelnen Versuchsreihen zeigen alle erst eine Zunahme und dann eine Abnahme der Magnetisierung mit abnehmender Konzentration. Eine Ausnahme macht das Nickelnitrat insofern, als hier nur eine Abnahme festgestellt worden ist. Wegen der Kleinheit der Verschiebungen des Schleifkontaktes bei den verdünnteren Lösungen dieses Salzes ist hier der Einfluss der Beobachtungsfehler schon bedeutend; es ist daher wohl möglich, dass hier das verhältnismässig starke Abfallen der Magnetisierung mit abnehmender Konzentration auf Beobachtungsfehler zurückzuführen ist.*) Ob das bei Eisenchlorid und Mangannitrat bez. Mangansulfat beobachtete abermalige Ansteigen der Magnetisierungszahlen mit steigender Verdünnung als Einfluss der Konzentration bez. der zunehmenden Dissoziation zu deuten ist, ist noch unsicher, da bei den grössten Verdünnungen der Einfluss der Beobachtungsfehler beträchtlich ist, und muss noch weiter geprüft werden. In starken Feldern ist nach B. Cabrera und Moles (pag. 6) dieser Wiederanstieg mit zunehmender Verdünnung bei Ferrinitrat auch festgestellt.

Aus allen Versuchsreihen geht ferner deutlich hervor, dass zwischen Magnetisierungszahlen und Molekulargehalt keine genaue Proportionalität besteht.

Die Reihen für die Mangan- und Chromsalze zeigen übereinstimmend, dass beim Sulfat das Ansteigen der Magnetisierung schneller stattfindet als beim Nitrat. Für das Mangansulfat und das Mangannitrat sind indessen die Reihen wenig voneinander verschieden und für beide liegt das Maximum ungefähr bei derselben molekularen Konzentration.

Die Tabellen IX und X enthalten die wiederholten Beobachtungen für Eisenchlorid und Mangansulfat und ausserdem die Beobachtungen im schwächeren Feld für dieselben Lösungen. Es zeigt sich hierbei, dass die Magnetisierungszahlen im schwächeren Feld allmählicher zunehmen, aber etwas schneller abfallen als im stärkeren Feld. Das Maximum der Magnetisierung liegt im schwächeren Felde bei höheren Konzentrationen.

*) Diese Annahme ist durch eine während des Druckes erschienene Dissertation von Fräulein Charlotte Knaths-Halle insofern bestätigt worden, als von ihr in starken Feldern bei $Ni(NO_3)_2$ in Wasser fast kein Gang festgestellt worden ist. Ein grösseres Schwanken der Magnetisierung tritt jedoch auf, wenn Alkohol als Lösungsmittel genommen wird.

Die untersuchten Salze der Eisengruppe und die Magnetonentheorie von P. Weiss.

P. Weiss hat im Anschluss an die kinetische Elektronentheorie des Dia- und Paramagnetismus von Langevin eine Magnetonentheorie abgeleitet, die sich auch auf ferromagnetische Körper erstreckt.

P. Weiss setzt voraus, dass jedes Molekül eines beliebigen Körpers, der also nicht magnetisch zu sein und auch nicht im magnetischen Feld sich zu befinden braucht, ein magnetisches Moment besitzt. Dieses Moment wird, wie auch bei anderen Molekulareigenschaften, auf das Grammolekül bezogen, um keine Voraussetzungen über die Grösse eines Moleküls machen zu müssen. Wegen der Unordnung der Moleküle ist eine Wirkung nach aussen nicht wahrnehmbar. Die Moleküle müssen erst orientiert werden. Der Wert dieses magnetischen Momentes ist nun nach P. Weiss beim absoluten Nullpunkt, wo keine thermische Unruhe der orientierenden Wirkung des Magnetfeldes entgegenwirkt, ein Maximum.

Das magnetische Moment eines Moleküls, bezogen auf das Grammolekül beim absoluten Nullpunkt, sei σ_{m_0}; und σ_m sei dieses Moment bei beliebiger Temperatur erzeugt durch ein Magnetfeld von der Stärke H. Es ist sodann

$$\chi = \frac{\sigma_m}{H}$$

die molekulare Magnetisierbarkeit des betreffenden Körpers. Setzt man

$$\frac{\sigma_{m_0} \cdot H}{R \cdot T} = a, \tag{1}$$

wobei $R = 83.16 \cdot 10^6$ ist, so wird nach der Theorie von Langevin

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{m_0}} = \operatorname{cothyp} a - \frac{1}{a}. \tag{2}$$

Mit wachsendem a, d. i. mit wachsendem H oder abnehmendem T nähert sich σ_m dem Wert σ_{m_0}; mit abnehmendem a hingegen dem Werte null.

Ist der in (1) definierte Wert von a klein, was für kleines H bei dem an und für sich kleinen σ_{m_0} der Fall ist, so ergibt sich durch Entwicklung von (2) nach a, wenn nach dem 1. Glied abgebrochen wird

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{m_0}} = \frac{a}{3} = \frac{\sigma_{m_0} \cdot H}{3\,RT},$$

ferner wird

$$\chi = \frac{{\sigma_{m_0}}^2}{3\,RT} \tag{3}$$

und $\chi \cdot T = \frac{{\sigma_{m_0}}^2}{3\,R} = \text{const.}$ — P. Weiss hat nun an einer Reihe von Beispielen gezeigt, dass dieses σ_{m_0} nahezu ein ganzzahliges Vielfaches eines Normalwertes ist, nämlich von 1123.5 CGS. Und er nimmt an, dass dieser Wert das Moment des „Grammagnetons" ist, und dass jedes Molekül eine ganze Anzahl von solchen Magnetonen enthält.

Aus Gleichung (3) folgt

$$\sigma_{m_0} = \sqrt{3\,RT\chi} \tag{4}$$

und hieraus

$$a = H\sqrt{\frac{3\chi}{RT}}.$$

Die ganze Zahl n berechnet sich aus

$$\sigma_{m_0} = n \cdot 1123.5\,. \tag{5}$$

Um nach P. Weiss die Anzahl der Magnetonen zu berechnen, darf für χ in Gleichung (3) nicht der Wert $M \cdot \varkappa \cdot 10^3$ eingesetzt werden, sondern dieser Wert muss wegen des Diamagnetismus des Anions korrigiert werden. P. Weiss gibt den diamagnetischen Anteil am Molekularmagnetismus

für Cl zu $-21.0 \cdot 10^{-6}$
für SO_4 zu $-38.5 \cdot 10^{-6}$

an. Diese negativen Werte sind also für jedes Radikal Cl oder SO_4 abzuziehen, um die Werte für χ zu erhalten. Für NO_3 habe ich, da dessen Wert nicht bekannt ist, den Wert für SO_4 eingesetzt, wozu zwar jeder Anhaltspunkt fehlt, aber immerhin angenommen werden darf, dass beide in der Grössenordnung übereinstimmen.

Die folgende Tabelle enthält die für n gefundenen Zahlenwerte. Es bedeutet $\bar{\varkappa}$ den grössten Wert der in den vorhergehenden Tabellen mit $M \cdot \varkappa \cdot 10^3$ überschriebenen Reihen; bei $MnSO_4$, $Mn(NO_3)_2$ und $Cr_2(SO_4)_3$ ist $\bar{\varkappa}$ der Mittelwert aus den beiden grössten Werten; χ ist der korrigierte Wert von $\bar{\varkappa}$. Ferner bedeutet χ' bez. χ'' den Minimalwert der molekularen Magnetisierbar-

keit für die konzentrierten bez. die verdünnten Lösungen und n' bez. n'' die zugehörige Anzahl der Magnetonen.

	$\bar{\varkappa}$	χ	n	χ'	n'	χ''	n''
$FeCl_3$	0.01421	0.01427	28.65	0.01322	27.57	0.01294	27.27
$MnSO_4$	0.01461	0.01465	29.03	0.01335	27.71	0.01381	28.18
$Mn(NO_3)_2$	0.01461	0.01469	29.06	0.01310	27.45	0.01436	28.74
$Ni(NO_3)_2$	0.00441	0.00449	16.07	0.00449	16.07	0.00308	13.31
$Cr(SO_4)_3$	0.00686	0.00698	20.04	0.00639	19.17	0.00660	19.48
$Cr(NO_3)_3$	0.00587	0.00599	18.56	0.00586	18.36	0.00554	18.06
$Co(NO_3)_2$	0.00989	0.00997	23.95	0.00973	23.66	0.00906	22.83

Zusammenfassung.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen, so ergibt sich folgendes:

Zwischen Magnetisierung und Molekulargehalt besteht keine genaue Proportionalität.

Der Molekularmagnetismus steigt mit abnehmender Konzentration zunächst an und fällt sodann wieder ab, und zwar bei den Sulfaten stärker als bei den Nitraten.

Im schwächeren Feld nehmen die Magnetisierungszahlen allmählicher zu, fallen aber schneller ab. Das Maximum der Magnetisierung verschiebt sich hier zu höheren Konzentrationen.

Zum Schluss sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. A. Heydweiller meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die freundliche Ueberlassung des Themas und die liebenswürdige Hülfe, die er mir jederzeit bei Anfertigung dieser Arbeit zuteil werden liess.

Ueber eine neue sehr empfindliche Reaktion zum Chloroformnachweis.

Von

Dr. med. **Kyoyetsuro Fujiwara.**

Eingegangen bei der Redaktion am 25. März 1914.

In jüngster Zeit hat Prof. M. Takayama[1]) für den forensischen Blutnachweis durch Darstellung von Hämochromogenkristallen ein Reagens empfohlen, das aus 5 ccm einer 10 %igen wässerigen Traubenzuckerlösung, 10 ccm einer 10 %igen Natronlauge, 65 ccm destillierten Wassers und 20 ccm Pyridin hergestellt wird. Als ich einmal dies Reagens bereiten wollte und dazu eine Traubenzuckerlösung anwandte, die unter Zusatz von Chloroform aufbewahrt war, bemerkte ich zufällig, dass das Gemisch sich schön blaurot färbte. Ich war sofort fest überzeugt, dass diese rote Färbung des Gemisches durch nichts anderes als durch die Beimengung von Chloroform verursacht wurde. Diese Tatsache legte mir sogleich den Gedanken nahe, dass man auch mittelst der Natronlauge und des Pyridins das Chloroform nachweisen könnte. Zahlreiche Versuche, die ich daraufhin angestellt hatte, bestätigten die Richtigkeit dieses Gedankens vollkommen. Ich fand nämlich die Reaktion dieser beiden Chemikalien auf das Chloroform als eine ausserordentlich empfindliche, wenn sie auch ebenso wie

---

[1]) Seine Arbeit wurde unter dem Titel „Ueber den Blutnachweis durch Darstellung von Hämochromogenkristallen" bereits im August 1912 in der japanischen Zeitschrift für Staatsarzneikunde, Nr. 306, publiziert.

andere Proben für dasselbe nicht spezifisch ist. Ich möchte hier darüber folgendes kurz mitteilen:

Für den Chloroformnachweis gibt es eine grössere Anzahl von Reaktionen. Diese zerfallen im allgemeinen in vier prinzipiell verschiedene Gruppen, nämlich in Reaktionen auf Chlor, das durch Zersetzung des Chloroforms entsteht, in Geruchsproben, in Reduktionsproben und in Farbenreaktionen. Zu den Farbenreaktionen gehört die in Rede stehende. Als Reagentien dazu dienen nur Pyridinum purissimum Merck und 10 %ige Natronlauge. Die Reaktion ist sehr einfach, leicht und schnell ausführbar und gestaltet sich folgendermassen: Versetzt man in einem Reagenzglas 3 ccm einer 10 %igen Natronlauge mit etwa 2 ccm Pyridin, so bleiben die beiden Reagentien getrennt, d. h. es bilden sich zwei Schichten, von denen die obere aus Pyridin und die untere aus Natronlauge besteht. Wenn man nun diese Masse sorgfältig schüttelnd zum Sieden erhitzt, dann etwa 1 ccm der auf Chloroform zu prüfenden Flüssigkeit resp. des Destillats zur Masse hinzufügt und das Gemisch ein paarmal leicht umschüttelt, so kommt bei Anwesenheit des Chloroforms eine schön blaurote Verfärbung sofort in der oberen Pyridinschicht zum Vorschein. Statt der Natronlauge ist hier eine 10 %ige Kalilauge ebenfalls mit gutem Erfolge anzuwenden. Diese blaurote Verfärbung nimmt mit der Zeit an Intensität zu, hält sich lange Zeit und zeigt kein besonderes Spektrum. Ich nenne diese Reaktion kurzweg Pyridinreaktion resp. Pyridinprobe.

Zu beachten ist hier, dass das Pyridin rein genug sein muss, da ich einmal aus mir unbekannter Ursache eine rote Färbung des Pyridins beobachtete, als ich es mit Natronlauge allein, also ohne Chloroform, zum Sieden brachte. Ich stellte deshalb stets eine Kontrollprobe an, um einerseits einem solchen Irrtum in der Deutung der Farbenreaktion vorzubeugen und anderseits den Eintritt der Reaktion dadurch leicht erkennen zu können, dass man die eigentliche Probe mit der Kontrollprobe vergleicht.

Es fragt sich nun, ob diese Pyridinprobe nur für das Chloroform charakteristisch ist. Um diese Frage festzustellen, habe ich zahlreiche, beinahe hunderterlei organische sowie anorganische Halogenverbindungen, welche mir grösstenteils von Herrn Dr. K. Sakai, dem Vorsteher der hiesigen Universitätsapotheke, gütigst überlassen wurden, auf diese Reaktion geprüft. Unter ihnen gaben Chloral, Chloralhydrat, Bromoform, Jodoform, Aethylenchlorid, Trichloressigsäure und gesättigte wässerige Jodlösung

ebenso wie Chloroform meine Pyridinreaktion. Demnach ist die Pyridinprobe geradeso wie die übrigen Proben, Isonitril-, Resorzin- und Naphtholprobe, für das Chloroform nicht spezifisch.

Es drängt sich uns weiterhin die Frage auf, welche chemischen Vorgänge dieser Pyridinreaktion zugrunde liegen. Da zur Lösung dieser Frage weitere Untersuchungen notwendig sind, so soll sie hier vorläufig ganz unerörtert bleiben.

Was die Empfindlichkeit dieser Pyridinprobe anbelangt, so glaube ich ohne Zweifel, dass sie unter den gegenwärtig gebräuchlichen Methoden zum Nachweis von Chloroform als eine der empfindlichsten anzusehen ist. Mittelst dieser Pyridinreaktion lässt sich ein Teil Chloroform, in 1 000 000 Teilen Wasser, in 500 000 Teilen Aether oder in 300 000 Teilen Alkohol gelöst, noch mit grosser Sicherheit erkennen. Ja, wenn man die eigentliche Probe mit einer Kontrollprobe über einer Unterlage von weissem Papier vergleicht, so ist die rote Färbung bei der Reaktion sogar bei einer Verdünnung der wässerigen Chloroformlösung 1 : 1 500 000 sowie bei einer Verdünnung der aetherischen und alkoholischen 1 : 1 000 000 noch recht deutlich wahrzunehmen.

Bekanntlich gilt die Isonitrilprobe als eine sehr scharfe Reaktion auf Chloroform. Mit ihr gelingt es nach A. W. Hofmann[1]), das Chloroform in einer Verdünnung von 1 ccm auf 6 l Alkohol noch sehr leicht nachzuweisen. Nach Brüdinger[2]) ist diese Isonitrilreaktion sogar bei einer wässerigen Chloroformlösung von 1 : 10 000 noch deutlich. Um die Empfindlichkeit dieser Isonitril-, sowie der Naphthol- und Resorzinprobe mit derjenigen meiner Pyridinprobe zu vergleichen, habe ich Untersuchungen mit wässeriger, alkoholischer und aetherischer Chloroformlösung von verschiedener Verdünnung angestellt. Die Ergebnisse sind in umstehender Tabelle verzeichnet.

Wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, besitzt meine Pyridinprobe ausserordentlich grosse Empfindlichkeit und übertrifft an Schärfe die anderen weit. Genau so empfindlich, wie für Chloroform, ist sie auch für Chloralhydrat, Bromoform und Jodoform, so dass man sie ebenfalls zur Ermittlung dieser Stoffe benutzen kann. Für Chloralhydrat ist meine Pyridinprobe sowohl in wässeriger, als auch in alkoholischer Lösung fast ebenso empfindlich

---

[1]) Zitiert nach Autenrieth, Auffindung der Gifte. 3. Aufl. 1903. S. 28.

[2]) Brüdinger, K., Ueber die Ausscheidung des Chloroforms aus den Respirationsorganen. Wiener klinische Wochenschrift 1901, Nr. 31, S. 735.

Verdünnung der $CHCl_3$-Lösung	Isonitrilprobe		Naphtholprobe		Resorzinprobe		Pyridinprobe	
	$CHCl_3$		$CHCl_3$		$CHCl_3$		$CHCl_3$	
	in wässeriger L.	in alkohol. L.	in wässeriger L.	in alkohol. L.	in wässeriger L.	in alkohol. L.	in wässeriger L.	in alkohol. L.
1 : 1000	+	+	+	+	+	+	+	+
1 : 5000	+	+	+	+	+	+	+	+
1 : 6000	+	±	+	±	+	±	+	+
1 : 7000	+	—	+	—	+	—	+	+
1 : 10000	+	—	+	—	+	—	+	+
1 : 50000	+	—	±	—	+	—	+	+
1 : 100000	—	—	—	—	—	—	+	+
1 : 300000	—	—	—	—	—	—	+	+
1 : 500000	—	—	—	—	—	—	+	±
1 : 800000	—	—	—	—	—	—	+	—
1 : 1000000	—	—	—	—	—	—	+	—
1 : 1500000	—	—	—	—	—	—	±	—

wie für Chloroform. Ferner gibt 1 ccm einer alkoholischen Bromoformlösung von 1 : 100000 sowie einer alkoholischen Jodoformlösung von 1 : 5000 diese Pyridinreaktion noch deutlich.

Für den Nachweis von Chloroform in Leichenteilen leistet meine Pyridinprobe auch vorzügliche Dienste. Zur Isolierung des Chloroforms aus frischem **Blut** genügt schon die Ausschüttelung desselben mit Aether, Alkohol oder Azeton. Unter diesen drei Mitteln ist der Aether besonders dafür geeignet. Man versetzt in einem Reagenzglas oder in einem Scheidetrichter etwa 5 ccm Blut mit gleicher Menge Aether, schüttelt kräftig durch und hebt nach kurzem Stehenlassen durch Auspipettierung resp. durch Abgiessen des Blutes die Aetherschicht ab, die zur Reaktion verwendet wird. Der so erhaltene Aetherauszug des Blutes, in dessen 500000 Teilen ein Teil Chloroform enthalten ist, gibt meine Pyridinreaktion noch deutlich. Dies bietet besonders den Vorteil dar, dass man bei der Obduktion einer Leiche, falls Verdacht auf eine Vergiftung mit Chloroform vorliegt, vermittelst dieser Pyridinprobe den Chloroformtod sicherstellen kann. Wurde aber das Blut vorher mit einer beträchtlichen Menge Alkohol übergossen, um der Zersetzung desselben vorzubeugen, und war der zugesetzte Alkohol schon mit Blutfarbstoff gefärbt, so muss die ganze Masse der Destillation unterworfen werden, nachdem man dazu so viel weinsäurehaltigen Alkohol hinzugefügt hat, bis das Blut sich zum

Alkohol wie 1 : 2,5 verhält. Das Destillat aus 20 ccm Blut, das $^{1}/_{500000}$ ccm Chloroform enthält, zeigt deutlich die Pyridinreaktion, wenn man dazu 1 ccm der zuerst in der Vorlage angesammelten Flüssigkeit verwendet.

Zur Isolierung des Chloroforms aus **Organen** wird nur die Destillationsmethode in Anwendung gezogen, indem auch hier alles gilt, was oben bei der Isolierung des Chloroforms aus dem Blut angegeben ist. Man destilliert den Organbrei, mit weinsäurehaltigem Wasser oder mit weinsäurehaltigem Alkohol angerührt, je nachdem die Organe frisch oder in Alkohol aufbewahrt sind. Um zu prüfen, wie kleine Mengen Chloroforms, welches durch Inhalation, intravenös oder per os in den Tierkörper gelangt ist, aus Organteilen mit Hilfe meiner Pyridinprobe nachgewiesen werden können, habe ich zahlreiche Versuche an Kaninchen und Hunden angestellt. Die Versuchsergebnisse sind der besseren Uebersicht wegen in umstehender Tabelle kurz zusammengestellt.

Bei den Versuchen 1—6 habe ich die Tiere so chloroformiert, dass das Chloroform auf eine kleine Maske sorgfältig geträufelt wurde, wie bei der Chloroformnarkose des Menschen. Die unter den Organnamen in Klammer stehenden Zahlen bedeuten die Gewichte derselben Organe, die der Destillation unterworfen wurden. Ausserdem zeigt das Zeichen +++ eine sehr deutliche, ++ eine deutliche, + eine schwache, ± eine fragliche und — eine negative Reaktion.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, eignet sich meine Pyridinprobe auch zum Chloroformnachweis in Leichenteilen sehr gut. In dem Blut und den Organen der Kaninchen, denen ich 0.005 ccm Chloroform pro kg zur Inhalation gab oder 0.0025 ccm pro kg intravenös injizierte, wurde das Chloroform durch meine Pyridinprobe nachgewiesen. Ferner gaben das Blut und die Organe der beiden Hunde, denen das Chloroform in Gelatinkapseln per os, und zwar dem einen 0.24 ccm pro kg und dem anderen 0.033 ccm pro kg verabreicht wurde, auch deutlich die Reaktion.

Nun wandte ich mich weiter der Frage zu, wie lange sich das Chloroform in der Leiche nachweisen lässt, wenn die Fäulnis auch bereits eingetreten ist. Nach Mirat und Agnasal[1]) verschwindet das Chloroform bald mit Beginn der Fäulnis. Im Gegen-

[1]) Zitiert nach Angiolani, Verhalten des Chloroforms bei der Fäulnis. Chem. Centralblatt. 1891, I, S. 1068.

Art, Geschlecht und Körpergewicht des Versuchstieres	Einverleibte Chloroformmenge und sonstige Bemerkungen	Pyridinreaktion					
		Aetherauszug des Blutes (5 ccm)	alkoholisches Destillat				Aetherauszug des Mageninhalts
			des Blutes (20 ccm)	des Gehirns	der Lunge	der Leber	
1. Kaninchen, ♀, 1610 g	4 ccm reines $CHCl_3$ bis zum Tod	+++	+++	+++ (8 g)	+++ (10 g)	+++ (10 g)	
2. Kaninchen, ♂, 1410 g	2.5 ccm reines $CHCl_3$ bis z. Verschwinden des Pupillarreflexes, sofort erdrosselt	+++	+++	+++ (8 g)	+++ (10 g)	+++ (20 g)	
3. Kaninchen, ♂, 1750 g	4 ccm einer 1 % aetherischen $CHCl_3$-Lösung = 0.04 ccm $CHCl_3$, sofort erdrosselt	+++	+++	++ (8 g)	++ (7 g)	++ (30 g)	
4. Kaninchen, ♂, 2240 g	2 ccm einer 1 % aetherischen $CHCl_3$-Lösung = 0.02 ccm $CHCl_3$, sofort erdrosselt	++	++	++ (8 g)	++ (9 g)	++ (45 g)	
5. Kaninchen, ♀, 2280 g	2 ccm einer 0.5 % aetherischen $CHCl_3$-Lösung = 0.01 ccm $CHCl_3$, sofort erdrosselt	+	+	+ (8 g)	+ (9 g)	± (47 g)	
6. Kaninchen, ♂, 1860 g	ebenso wie oben behandelt	+	+	+ (9 g)	+ (10 g)	+ (40 g)	
7. Kaninchen, ♀, 1740 g	1 ccm einer 0.5 % $CHCl_3$-Lösung in physiol. ClNa-Lösung = 0.005 ccm $CHCl_3$, nach 5 Minuten erdrosselt	+	+	+ (9 g)	+ (8 g)	± (46 g)	
8. Kaninchen, ♂, 1970 g	ebenso wie oben behandelt	+	+	+ (8 g)	± (8 g)	— (40 g)	
9. Hund, ♂, 4150 g	1.0 ccm reines $CHCl_3$ in Gelatinkapseln per os dargereicht, nach 50 Minuten erdrosselt	+++	++	++ (27 g)	++ (25 g)	++ (49 g)	+++
10. Hund, ♀, 6000 g	0.2 ccm reines $CHCl_3$ in Gelatinkapseln per os dargereicht, nach 30 Minuten erdrosselt	++	++	+ (25 g)	+ (22 g)	+ (50 g)	+++
11. Kaninchen, ♂, 2450 g	3 ccm Aether (ohne $CHCl_3$) inhaliert, sofort erdrosselt (Kontrolle I)	—	—	— (8 g)	— (10 g)	— (43 g)	
12. Kaninchen, ♂, 2310 g	erdrosselt (Kontrolle II)	—	—	— (8 g)	— (10 g)	— (45 g)	

satz zu diesen Autoren betont Lüdeking[1]), dass das Chloroform vier Wochen nach dem Tod in der Leiche noch erkennbar war, wenn der Tod durch dessen Inhalation erfolgte. Angiolani[2]) endlich wies nach, dass die Fäulnis überhaupt keinen Einfluss auf das Chloroform hat, wenigstens nicht während der Zeit, die zwischen Anfang und Ende seiner Versuche lag, die sieben Monate umfassten. Zur Entscheidung dieser Frage wurden an Kaninchen weitere Versuche ausgeführt, bei denen sieben mittelgrosse Tiere, 1590—1925 g schwer, hintereinander mit 3.0 ccm einer 1 %igen aetherischen Chloroformlösung (= 0.03 ccm $CHCl_3$) betäubt, sofort erdrosselt und im Zimmer liegen gelassen wurden. Gleichzeitig wurden dabei zwei Kaninchen als Kontrolltiere einfach, ohne vorhergehende Narkotisierung erdrosselt und ebenfalls im Zimmer liegen gelassen. Dies geschah im Winter; die maximale Zimmertemperatur betrug 14° C. und die minimale 3° C. Nach je einer Woche wurde eine Leiche seziert und deren Blut sowie Organe sofort untersucht. Der Aetherauszug des Blutes (5 ccm) und das alkoholische Destillat des Blutes (10 ccm), des Gehirns (7—10 g) und der Lungen (8—15 g) ergaben bei den nach 1—5 Wochen untersuchten Tierleichen eine deutliche und bei den nach 6—7 Wochen untersuchten eine schwache, doch noch erkennbare Pyridinreaktion, während diese bei den Kontrolltieren vollkommen negativ ausfiel.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die kleine Menge Chloroforms, wovon man etwa 0.015 ccm pro kg inhalieren liess, sieben Wochen nach dem Tod noch in den Kaninchenleichen mittelst meiner Reaktion nachgewiesen werden kann. Da weitere Versuche mir fehlen, so lasse ich hier die Frage ganz unbeantwortet, ob das Chloroform länger als sieben Wochen nach dem Tode in der Leiche noch auffindbar bleibt.

Schliesslich machte ich den menschlichen **Harn,** der nach chirurgischen Operationen in Chloroformnarkose entleert wurde, zum Gegenstand der Untersuchung, um festzustellen, ob auch solcher Harn meine Pyridinreaktion gibt. Die Angaben von Autoren stimmen darin fast alle überein, dass der Harn nach der Chloroformnarkose höchstens Spuren von unverändertem Chloro-

[1]) Lüdeking, C., The postmortem detection of Chloroform. American chemical Journal. Vol. 8, 1886, S. 358.

[2]) Angiolani, S., Verhalten des Chloroforms bei der Fäulnis. Chem. Centralblatt. 1891, I, S. 1068.

form enthält[1]). Zeller[2]) gab auf Grund seiner Versuche an Hunden an, dass das per os eingegebene Chloroform nur in einem kleinen Teil als solches durch die Respiration oder durch den Harn ausgeschieden wird, während der allergrösste Teil desselben in Form von Chloriden in den Harn übergeht. Nach L. Toth[3]) wird dagegen das subkutan injizierte Chloroform bei Tieren unverändert durch die Lungen und den Harn ausgeschieden. Pohl[4]) konstatierte nur in einem einzigen Versuch an einem Hund nach tiefer halbstündiger Narkose den Uebergang von Spuren des Chloroforms in den Harn. Beim Menschen hat Wagener[5]) nach der Chloroformnarkose bei 15 Personen nur 2mal und Vitali[6]) bei 18 Patienten nur ein einziges Mal im Harn Spuren des Betäubungsmittels vorgefunden. Fubini[7]) wies ferner im Harn in den ersten fünf Stunden nach der Narkose Spuren von Chloroform nach, aber nach vierzehn Stunden gelang ihm der Nachweis nicht mehr; Zweifel[8]) gelang der Nachweis erst nach langem Narkotisieren. Lallemand[9]), Perrin[10]), Duvoy[11]) fanden aber kein Chloroform im Harn. Ich untersuchte den Harn von 15 Personen, der dank des Entgegenkommens des Herrn Prof. Dr. H. Miyake, des Chefs der hiesigen ersten chirurgischen Klinik, und der Herren Assistenten Dr. G. Izumi und Dr. A. Inoguchi mir zur Verfügung gestellt wurde. Etwa 50 ccm Harn wurden jedesmal mit 20 ccm weinsäurehaltigen Alkohols versetzt und in üblicher Weise abdestilliert und 1 ccm aus den ersten Kubikzentimetern des Destillats zur Reaktion verwendet. Zur Untersuchung muss man hier immer frischen Harn nehmen, weil das Chloroform im Harn sich leicht zersetzt und nicht mehr als solches nachweisbar ist, wenn man ihn lange Zeit stehen lässt.

---

[1]) R. Kobert, Lehrbuch der Intoxikationen. Spez. Teil. S. 897, 1906.

[2]) A. Zeller, Ueber die Schicksale des Jodoforms und Chloroforms im Organismus. Hoppe-Seylers Zeitschrift f. physiol. Chemie. Bd. 8, 1883, S. 70.

[3]) L. Toth, Versuche über subkutane Injektion des Chloroforms. Jahresbericht f. Tierchemie. Bd. 17, S. 73.

[4]) T. Pohl, Ueber Aufnahme und Verteilung des Chloroforms im tierischen Organismus. Archiv f. exper. Pathol. und Pharm. Bd. 28, 1891, S. 239.

[5]), [6]) Zitiert nach R. Kobert, Lehrbuch der Intoxikationen. Spez. Teil.

[7]) Fubini, zitiert nach dem Jahresbericht f. Tierchemie. Bd. 11, S. 194.

[8]) Zweifel, Archiv f. Gynäkologie. Bd. 12, Heft 2.

[9]), [10]), [11]) Zitiert nach Pohl, l. c.

Die Ergebnisse sind folgende:

Nr.	Name, Geschlecht und Alter des Patienten	Verbrauchtes $CHCl_3$ in Gramm	Dauer der Narkose in Minuten	Ungefähre Anzahl der Stunden, die bis zur ersten Harnentleerung nach der Narkose vergangen sind	Pyridinprobe	Bemerkungen
1	T. M., ♀, 51 j.	5	8	4	+	
2	R. H., ♂, 30 j.	15	35	7	+	Der zweite Harn, der 17 Stunden nach der Narkose gelassen wurde, gab nicht mehr die Reaktion.
3	T. H., ♀, 57 j.	10	20	5	+	
4	Z. M., ♂, 15 j.	17	25	5	+	
5	S. M., ♀, 38 j.	17	27	6	+	Der zweite, nach 20 Stunden entleerte Harn verhielt sich wie der erste.
6	M. A., ♀, 26 j.	15	30	10	+	
7	K. T., ♂, 28 j.	10	15	7½	+	
8	M. N., ♀, 33 j.	5	10	7	+	
9	S. S., ♂, 43 j.	15	83	7	+	
10	K. I., ♀, 53 j.	8	10	4	+	
11	I. M., ♂, 21 j.	14	8	9	+	
12	S. M., ♂, 51 j.	23	35	4	+	
13	K. T., ♂, 49 j.	15	55	6	+	Die Reaktion des zweiten Harns, 18 Stunden nach der Narkose gelassen, fiel negativ aus.
14	Y. K., ♂, 19 j.	18	40	10	+	Der nach 20 Stunden gelassene zweite Harn verhielt sich ebenso wie oben.
15	K. M., ♂, 50 j.	30	60	6	+	Die Reaktion des zweiten, nach 18 Stunden gelassenen Harns fiel positiv, aber diejenige des dritten, nach 27 Stunden gelassenen negativ aus.

Meine obigen Untersuchungen brachten gegenüber den Angaben von Wagener, Vitali u. a. ganz andere Resultate, d. h. es gelang mir bei jedem von den 15 Chloroformierten das Chloroform im Harn durch meine Pyridinprobe nachzuweisen, während der Kontrollharn von gesunden und von drei solchen Personen, denen zum Zweck der Lokalanästhesie 2—20 ccm einer Mischung von 2 Tropfen einer 0.1 %igen Adrenalinlösung und 1 ccm einer 0.5 %igen Cocainlösung subkutan oder submukös injiziert wurden, natürlich gar keine Pyridinreaktion gab. Der Grund dieser Tatsache ist entweder darin zu suchen, dass meine Pyridinreaktion empfindlicher ist als die anderen Proben, die Wagener u. a.

zum Nachweis von Chloroform anwandten, oder darin, dass irgend eine andere Substanz, welche durch Zersetzung des Chloroforms entsteht und auch die Pyridinreaktion gibt, nach der Narkose im Harn ausgeschieden wird. Ich glaube jedoch, dass die letzte Möglichkeit ganz auszuschliessen ist, weil die Pyridinreaktion schon in dem Harn, der nach der Narkose zum zweiten oder dritten Male entleert wurde, negativ ausfiel, wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich. Dies beweist demnach nichts anderes als die ungemein grosse Empfindlichkeit meiner Pyridinreaktion. Es ist ferner klar, dass das Chloroform nach der Narkose, wenn auch in Spuren, in dem Harn ausgeschieden wird und dass die Ausscheidung sehr schnell aufhört.

Zusammenfassung.

Wenn ich nun die Resultate aller meiner Untersuchungen zusammenfasse, so ergibt sich hieraus folgendes:

1. Versetzt man in einem Reagenzglas 3 ccm einer 10 %igen Natronlauge mit etwa 2 ccm Pyridin und fügt man dann, nachdem man die Mischung sorgfältig zum Sieden erhitzt hat, zu dieser etwa 1 ccm der auf Chloroform zu untersuchenden Flüssigkeit resp. des Destillats hinzu, so kommt eine schön blaurote Färbung bei Anwesenheit des Chloroforms sofort zum Vorschein.

2. Diese Pyridinprobe ist ebenso wie Isonitril-, Resorzin- und Naphtholprobe nicht nur für Chloroform charakteristisch. Chloral, Chloralhydrat, Bromoform, Jodoform und einige andere rufen nämlich dieselbe Reaktion hervor.

3. Aber diese Pyridinprobe ist ausserordentlich empfindlich. Mit ihr lässt sich ein Teil Chloroform, in 1000000 Teilen Wasser, in 500000 Teilen Aether oder in 300000 Teilen Alkohol gelöst, noch mit grosser Sicherheit nachweisen.

4. Genau so empfindlich, wie für Chloroform ist sie auch für Chloralhydrat, Bromoform und Jodoform, so dass sie auch zum Nachweis dieser Verbindungen dienen kann.

5. Zur Isolierung des Chloroforms aus frischem Blut genügt schon die Ausschüttelung desselben mit Aether; der Aetherauszug aus 5 ccm Blut, welches $^1/_{500000}$ ccm Chloroform enthält, gibt recht deutlich die Pyridinreaktion. Dies bietet besonders den Vorteil dar, dass man bei der Obduktion einer Leiche mit Verdacht auf

Chloroformvergiftung aus dem positiven Ausfall dieser Probe mit dem Aetherauszug des Blutes auf Chloroformtod schliessen kann.

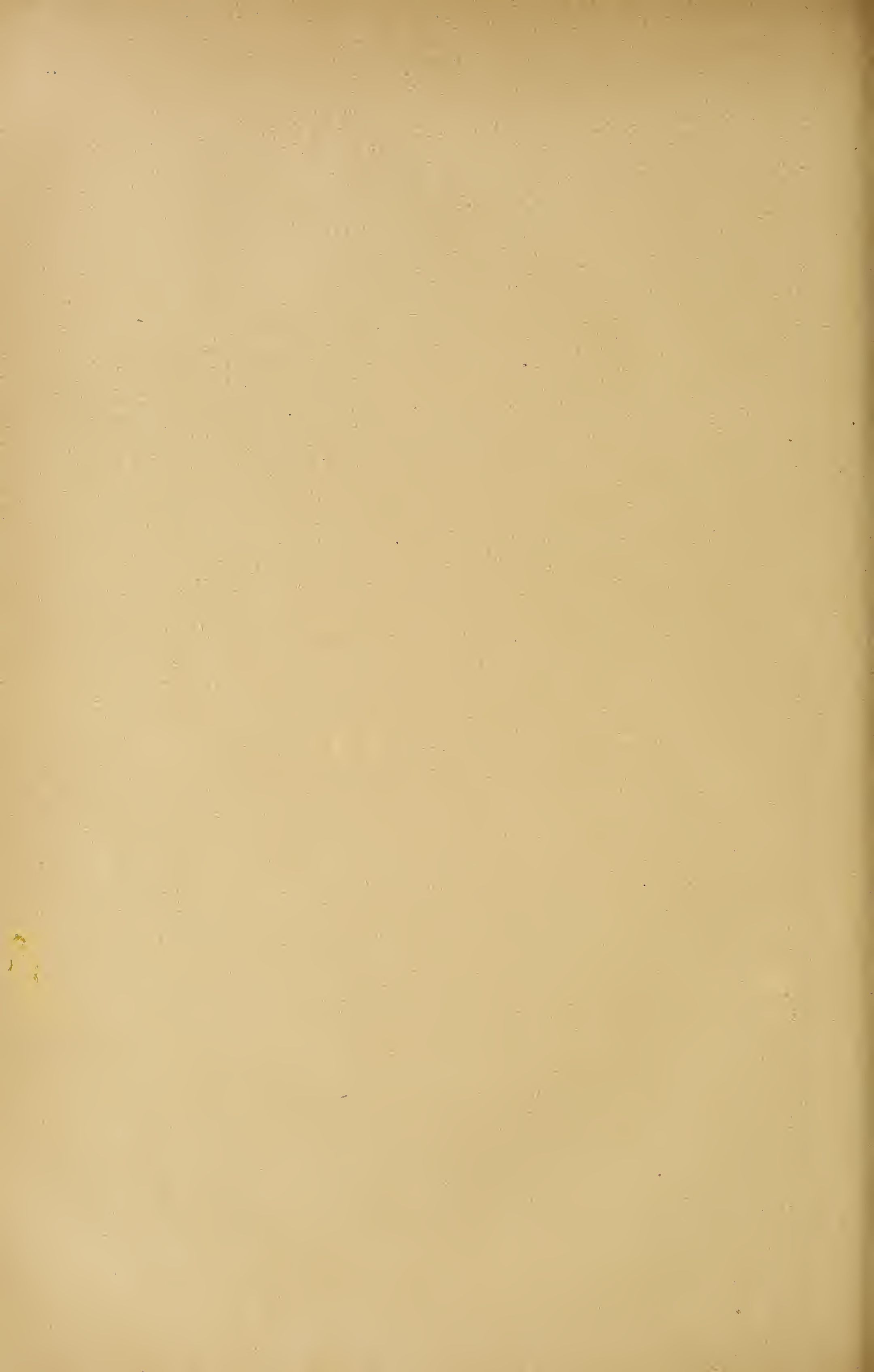
6. Man kann mit Hilfe dieser Probe auch Chloroform in Leichenteilen sehr gut erkennen. Im alkoholischen Destillat des Blutes und der Organe von Kaninchen, die 0.005 ccm Chloroform pro kg zur Inhalation bekamen, oder denen man 0.0025 ccm pro kg intravenös injizierte, und von Hunden, denen etwa 0.033 ccm pro kg in Gelatinkapseln per os dargereicht wurden, wurde das Chloroform durch die Pyridinreaktion sicher erkannt.

7. Sieben Wochen nach dem Tod konnte man das Chloroform in den Leichen von Kaninchen, die man etwa 0.015 ccm Chloroform pro kg inhalieren und nach dem Tode bei kalter Jahreszeit im Zimmer liegen liess, mit der Pyridinprobe noch deutlich nachweisen.

8. Im Gegensatz zu den Angaben von Wagener, Vitali u. a. gelang es vermittelst dieser Pyridinprobe bei 15 mit Chloroform betäubten Personen nach der Narkose im Harndestillat allemal Spuren des Narkotikums aufzufinden; es steht demnach fest, dass der Harn nach der Chloroformnarkose Spuren von unverändertem Chloroform enthält.

9. Da meine Pyridinprobe an Schärfe allen anderen Proben weit überlegen ist, so verdient sie wohl, als eine neue vorzügliche Methode zur Ausmittelung von Chloroform warm empfohlen zu werden.

Zum Schluss spreche ich meinem hochverehrten Lehrer, Prof. Dr. M. Takayama, für seine Anregung und gütige Unterstützung bei dieser Arbeit meinen besten Dank aus.



Altes und Neues von der Echinokokkenkrankheit.

(Vortrag im Rostocker Dozentenverein am 20. Februar 1914.)

Von

G. Hosemann-Rostock.

Eingegangen bei der Redaktion am 31. März 1914.

Meine Herren!

Für den heutigen Abend habe ich mir ein Thema gewählt, das zunächst recht abgelegen erscheinen mag. Vielleicht ist es aber manchem von Ihnen nicht bekannt, dass Mecklenburg auf dem europäischen Festland neben Dalmatien das Land ist, in welchem die für den Menschen sehr gefährliche Echinokokkenkrankheit, die Erkrankung am Blasenwurm, am häufigsten vorkommt, während sie in andern Gegenden sehr selten ist und dass wir uns hier in Rostock im Zentrum des Krankheitsherdes befinden. Ein Blick auf diese Karte von Becker zeigt Ihnen die Verbreitung der Krankheit in Mecklenburg, und Sie sehen Rostock bei weitem am stärksten markiert (die Karte verzeichnet die Krankheitsfälle seit 1884).

Wenn man sich in einem Lande befindet, in welchem Endemieen herrschen, so muss man die Gefahr kennen, um sie zu meiden und um sie bekämpfen zu helfen. Und darum meine ich, dürfte es auch von allgemeinerem Interesse sein, etwas Näheres über die Blasenwurm- oder Echinokokkenkrankheit zu hören.

Zunächst wollen wir uns einmal kurz über Art und Wesen dieses Leidens orientieren.

Schon zu Hippokrates' Zeiten wusste man, dass in der Leber grosse, mit Wasser angefüllte Hohlräume entstehen können, deren Platzen den Tod zur Folge haben kann. „Quibus jecur aqua repletum in omentum eruperit, iis venter aqua impletur ac intereunt." (Zit. nach Neisser.) Dass diese Wasserzysten, Hydatiden, welche Kindskopfgrösse erreichen können, den Blasenwürmern zugehörige Tiere sind, entdeckte Pallas 1760.

Einen solchen durch Operation aus der menschlichen Leber entfernten Blasenwurm oder Hülsenwurm sehen Sie hier. Er ist, so gut es ging, wieder mit Paraffin gefüllt, hat jedoch seine ursprüngliche Grösse bei weitem nicht wieder erreicht und ist flach geworden, statt kugelrund; — und hier die kollabierte Blase eines anderen grossen Leberechinokokkus.

Der um die Parasitenkunde hochverdiente Pastor Goetze in Quedlinburg sah als erster (1782), dass auf der Innenwand dieser Hydatiden kleine Knospen wachsen, die Bandwurmköpfen gleichen, mit Sauggruben und Hakenkranz. Und von Siebolds Untersuchungen aus dem Jahre 1852, sowie die bald folgenden von Küchenmeister, van Beneden, Leuckart zeigten, dass der Blasenwurm, der Echinokokkus, nur eine Entwicklungsstufe, das Finnenstadium, eines kleinen Bandwurmes ist, der im Hundedarm lebt. Diese Erkenntnis ist mittlerweile so weit ins Volk gedrungen, dass der Volksmund vielfach vom „Hundewurm" spricht, von dem der Mensch befallen wird.

Vergegenwärtigen wir uns einmal kurz den Entwicklungszyklus des Echinokokkus an Bildern und Präparaten.

Hier sehen Sie 2 Mikrophotogramme des lebenden Hundebandwurmes, Taenia echinococcus, in 25facher Vergrösserung; ein Bild vom freien Bandwurm, eins an der Darmschleimhaut des Hundes aufgenommen. Sie bemerken hier schon, dass das Endglied des 3-4gliedrigen Bandwurmes grösser ist, als der ganze übrige Bandwurm. In sehr zahlreichen Exemplaren, zu 100 und mehr, finden Sie die Taenia in diesen Dünndarmteilen von Hunden. Man sieht hier nur die reifen Endglieder hervorragen und könnte sie bei flüchtiger Betrachtung fast für Darmzotten halten, von denen sie sich aber schon durch ihre weisse Farbe unterscheiden. Die sehr schönen Präparate stammen aus der Sammlung von Herrn Geh. Rat Pfeiffer, der so liebenswürdig war, sie uns heute zur Verfügung zu stellen, ebenso wie die enorme Zahl von Echinokokkenbandwürmern in diesem Glase, welche einem Hundedarm entstammen.

Dieser Hundebandwurm, Taenia echinococcus, ist im Vergleich zu anderen Bandwürmern recht klein; er wird kaum länger als 1/2 cm, und hat nur 3—4 Glieder, während die gewöhnlichen

Bandwürmer des Menschen 800—1000 Glieder erreichen, — (der Bothriokephalus gar 4000 Glieder), — bei einer Länge von 3—10 Metern. (Demonstration.)

Das Finnenstadium dieses kleinen Bandwurmes, der Echinokokkus, ist dagegen auffallend gross; wie wir schon sahen, erreicht er beim Mensch Kindskopfgrösse. — Der Echinokokkus kommt (ausser beim Menschen) in Mecklenburg sehr häufig beim Schaf und Rind vor. Der Entwicklungszyklus ist folgender:

Der Hund frisst beispielsweise die als unbrauchbar weggeworfene, blasendurchsetzte Leber des Schlachttieres. (Demonstration.) Die kleinen Bandwurmköpfchen (Skolezes), welche auf der Innenwand des Blasenwurmes oft zu Tausenden und Millionen wachsen, und zwar in kleinen Brutkapseln zu je 3—20 vereinigt, (Demonstration), siedeln sich in der Darmschleimhaut des Hundes an und wachsen in einigen Wochen zu Bandwürmern heran, deren reife Endglieder, — zahlreiche Eier (etwa 500) enthaltend, — mit dem Kote abgehen. So gelangen die Eier durch den Schäferhund auf die Weideplätze und werden dort von Schaf und Rind mit dem Gras gefressen. In Magen und Darm gelangt, schlüpfen die Embryonen aus den Eiern und wandern durch die Darmwand auf dem Blut- und Lymphwege (vielleicht auch einmal durch die Gallengänge) in die inneren Organe, vorzugsweise in die Leber, nächstdem in Lunge, Milz, Nieren, Gehirn usw. Es gibt kaum ein Organ, in dem sie sich nicht ansiedeln können; das Wachstum ist ein sehr langsames und zieht sich oft über Monate, Jahre und Jahrzehnte hin. So sind Echinokokken 30—43 Jahre lang beim Menschen beobachtet worden. (Leuckardt, Becker u. a.) An sich verursachen sie anfangs in der Regel keine besonderen Krankheitserscheinungen, so dass sie nicht selten jahrelang unbemerkt bestehen, bis sie eine gewisse Grösse erreicht haben, und dadurch störend und schädlich werden, weil sie die befallenen Organe allmählich durch Druck zum Schwund bringen. Ein jahrelanges Siechtum führt schliesslich zum Tode.

Dort sehen Sie beispielsweise einen grossen Lungenechinokokkus im Röntgenbild, (runder Schatten im lufthaltigen Gewebe), und hier die Photographie eines jungen Mannes unserer Beobachtung, an dem die Leberschwellung schon auf dem Bilde deutlich sichtbar ist.

An besonderen Stellen allerdings, wie im Gehirn und Rückenmark, werden Echinokokken gelegentlich schon frühzeitig schwere

Druckerscheinungen hervorrufen, auch bald zum Tode führen können. (Demonstration eines Gehirnechinokokkus.)

Schweren Gefahren ist der Träger eines solchen Echinokokkus auch deswegen ausgesetzt, weil derselbe vereitern, in andere Organe durchbrechen oder platzen kann. Von letzterem Vorkommnis wollen wir nachher noch sprechen.

Wie infiziert sich nun der Mensch? Diese Frage steht für uns im Vordergrunde des Interesses! Es steht ausser Zweifel, dass auch beim Mensch die reifen Bandwurmeier des Hundes in den Magendarmkanal gelangen müssen, wenn ein Blasenwurm entstehen soll. Der genaue Modus, wie das geschieht, wird sich nicht immer, sogar nur selten, feststellen lassen. König vermutete, dass Pillen aus Hundekot vielleicht schuld wären, die als Volksmittel bei manchen Krankheiten angewendet werden. Der Hundekot hat in der Tat früher eine grosse Rolle in der Volksmedizin gespielt, wie auch in der noch 1714 wieder gedruckten „Heilsamen Dreckapotheke" von Paullini zu lesen ist. Auf Madelungs Umfrage um 1884 haben mecklenburgische Aerzte und Apotheker vielfach bezeugt, dass weisser, kalkiger Hundekot noch in Apotheken als „witten Entzian" zur Blutreinigung und bei Magenbeschwerden gefordert wird. Er wird in Schnaps genommen. Natürlich geben die Apotheker jetzt allgemein irgend ein unschädliches, weisses Pulver, Bolus alba, Magnesia usta usw. Aber der alte Apotheker X. in X. ging noch mit einer weissen Papiertüte spazieren und sammelte ein. Das Standgefäss in seiner Offizin hatte die Signatur „Magnesia animalis".

An sich ist es ja ziemlich unwahrscheinlich, dass weisser, verwitterter Hundekot noch lebensfähige Bandwurmeier enthält. Nachgewiesen ist dieser Infektionsmodus auch nie. Er wird heutzutage wohl keine Rolle mehr spielen. — In Island, wo der Echinokokkus ganz besonders häufig ist, beschuldigen die Aerzte den intimen Verkehr der Bevölkerung mit ihren Hunden. Kenner von Land und Leuten, wie der verstorbene Medizinal-Rat Dr. Reuter-Güstrow, wissen auch von Mecklenburg ähnliches zu berichten: Bei den kleinen Leuten, am meisten auf dem Lande, herrschen nach seinen Beobachtungen in dieser Beziehung geradezu isländische Zustände. Es ist durchaus nichts Ungewöhnliches, dass der Hund mit im Bett liegt usw. So fand denn auch Becker bei Prüfung der Vorgeschichte der Blasenwurmkranken, dass viele derselben als Kinder viel mit Hunden gespielt haben; andere —

es sind Patientinnen — sprechen von „zärtlicher Liebe“ zu ihrem Hund; er wird geliebkost, mit ins Bett genommen, er darf die Teller und Schüsseln in der Küche ablecken usw. Daher ist es auch mehrfach vorgekommen, dass in einem Haushalt 2 Personen am Blasenwurm erkrankten. — Ein mit Bandwürmern behafteter Hund wird sicherlich sehr häufig Bandwurmeier an der Schnauze tragen, weil er beisst und knabbert, wo es ihn juckt; und die auswandernden reifen Bandwurmglieder verursachen ihm Pein. — Wie gern leckt nicht der Hund seinem Herrn die Hand? Und wie viele aus der niedern Bevölkerung, die das Hauptkontingent der Echinokokken-Kranken stellt, waschen sich vor jeder Mahlzeit die Hände? Der Arbeiter auf dem Felde gewiss nicht!

Und noch ein Punkt ist zu beherzigen. Früher wurde allgemein angenommen, dass Kinder nicht oder nur ganz ausnahmsweise an Echinokokken erkranken, dass sie immun sind. Die Mehrzahl der Erkrankungen wird nämlich im 3. und 4. Dezennium beobachtet. Man hat aber das verschieden rasche, oft eminent langsame Wachstum des Hülsenwurmes offenbar nicht mit in Rechnung gezogen. In $^1/_2$ Jahr ist er im Tierversuch nach Leuckart höchstens 2 cm dick, dort, in der Schafsleber, sind die zahlreichen Finnen bei einem Alter von 10 Monaten höchstens erbsengross. (Futterungsversuch von Herrn Geh. Rat Pfeiffer.) Wie lange mag es dauern, bis ein Echinokokkus kindskopfgross ist? Sicherlich datieren sehr viele der menschlichen Infektionen — wenn nicht die meisten — aus der Jugendzeit, wie z. B. bei dem Patienten, dessen Bild ich Ihnen eben zeigte. Es sind auch schon Echinokokken bei 4- und 2jährigen Kindern gefunden. (Becker, Nadeshdin, Argentinier.) Kinder werden von Hunden freundschaftlich im Gesicht beleckt, Kinder geben Hunden Küsse und führen ungewaschene Hände zum Mund.

Die Frage, wie die Echinokokken-Erkrankung im Einzelnen zu verhüten ist, ist leicht zu beantworten: wer sich vor direkter und indirekter Berührung mit Hunden schützt, kann nicht erkranken. Das ist aber nicht jedem möglich: der Jäger, der Hirte und Schäfer sind auf den Hund angewiesen. Die ausgedehnte Viehzucht — besonders die Schafzucht — in Mecklenburg und Vorpommern wird immer wieder Gelegenheit zur Infektion der Hunde geben. Wie enorm verbreitet der Blasenwurm hier ist, zeigen die Schlachthausstatistiken, besonders von Rostock und Greifswald: 28 und 51 % der Schafe, 23 und 64 % der Rinder

waren befallen. Und der Peipersche Satz hat sich mehrfach bestätigt gefunden: dass nämlich in einem Land die Zahl der Echinokokken-Erkrankungen der Bewohner direkt proportional ist der Verbreitung der Echinokokken-Seuche unter den Haustieren. Das nimmt nicht wunder, wenn man sieht, in wie fahrlässiger Weise auf dem Lande noch heute die Hausschlachtungen vorgenommen werden. Oft werden die Blasenwürmer einfach aus den Organen herausgeschnitten und dem Hund direkt vorgeworfen, wie es Herr Prof. Honcamp nach einer mündlichen Mitteilung ganz kürzlich wieder sah. Oder es werden doch die kranken Organe, statt vernichtet zu werden, auf den Dunghaufen geworfen, wo sie tagelang liegen bleiben und der Hund sie sich suchen kann. (Madelung.) Und 2—3 Tage lang sollen — nach Ansicht der Helminthologen — die Echinokokkenfinnen sich ausserhalb des Tierkörpers lebensfähig erhalten. Dazu kommt noch, dass gerade die kranken Schafe, die in ihrer Ernährung nicht vorwärts kommen, in der Regel nicht auf die auswärtigen Viehmärkte exportiert, sondern am Ort ihrer Züchtung geschlachtet werden, wo Schlachthaus und tierärztliche Kontrolle meist fehlen. (Madelung.)

Daher wird die Echinokokken-Krankheit am ehesten zu bekämpfen sein durch Aufklärung der Bevölkerung, Vermehrung der Schlachthäuser, Verbot der Hausschlachtungen, besonders beim Schaf, Vernichtung der kranken blasenhaltigen Organe, Abschaffung der Schlachterhunde, die keinesfalls zum Schlachthof Zutritt haben dürfen u. ä. Auch die Beschränkung der übergrossen Zahl der Haushunde und Luxushunde durch möglichst hohe Steuern, ihr Fernhalten von Restaurants, Bahnwagen und anderen frequentierten Stellen wäre von Nutzen. Und schliesslich sollte gerade in Mecklenburg mehr Gebrauch gemacht werden von regelmässigen Bandwurmkuren bei Hunden; sie wären am besten 2 mal im Jahr anzustellen, und es müssten ihr auch wirklich alle Hunde unterworfen werden, „vom Schosshund der Gutsbesitzerin bis zum ruppigen Köter des ärmsten Hofgängers“, wie Madelung sagt, — nicht nur die eigentlichen Hirtenhunde.

Die Drehkrankheit der Schafe, die in ganz ähnlicher Weise durch Uebertragung von Eiern eines andern Hundebandwurmes, der Taenia coenurus, auf die Schafe und Ansiedlung der Finne im Gehirn entsteht, und die dem Landwirt grossen materiellen Schaden zufügen kann, ist auf diesem Wege — durch Bandwurm-

kuren bei den Hunden — in Mecklenburg an manchen Orten mit Erfolg bekämpft worden. In Island werden Bandwurmmittel zur Behandlung der Hunde auf Verfügung der Regierung kostenlos abgegeben, und diese Massnahme zusammen mit der Aufklärung der Bevölkerung durch die Aerzte hat zu einer bedeutenden Abnahme der dort sehr häufigen Echinokokkenkrankheit geführt.

Der Echinokokkus des Menschen produziert ausser den erwähnten kleinen Bandwurmköpfchen, den Skolezes, in seinem Innern häufig noch kleine sekundäre Hydatiden, die sogenannten Tochterblasen, die sich in seinem Hohlraum zu Hunderten entwickeln können. (Demonstration: Tochterblasen; Brutkapseln.)

In den Tochterblasen kann es wieder zur Bildung von Enkelblasen kommen, oder es knospen an der Innenwand wieder kleine Echinokokkenköpfchen in Brutkapseln. Das hat seine grosse Bedeutung für den Kranken. Wenn z. B. ein grosser Leberechinokokkus durch einen Stoss platzt, so entleeren sich alle diese Keime mit der Echinokokkenflüssigkeit in die freie Bauchhöhle, können sich hier ansiedeln und zu zahlreichen neuen Echinokokken heranwachsen. Man spricht dann von sekundärer Echinokokkenkrankheit. Es gab von chirurgischer Seite klinische Beobachtungen genug, die eine solche Keimaussaat oder Keimpfropfung mehr als wahrscheinlich machten, seit Richard Volkmann auf dem Chirurgenkongress 1877 die Aufmerksamkeit darauf gelenkt hatte. Für die Tochterblasen wenigstens galt die Möglichkeit einer solchen Keimpfropfung nach Riemanns positiven Tierversuchen 1899 für erwiesen und fand ihre experimentelle Bestätigung von mehreren Seiten. Anders ging es der Behauptung von Alexinskys, dass auch die kleinen Brutkapseln und Skolezes sich direkt auf dem Bauchfell ansiedeln und zu neuen Echinokokken heranwachsen können. Das wurde von fast allen Seiten angezweifelt. von Alexinsky stützte seine Ansicht 1. auf klinische Erfahrungen, z. B. darauf, dass die Keimaussaat und sekundäre Echinokokkenkrankheit auch nach einfachen Punktionen vorkommt, d. h. nach Entleerung der Blasenwurmflüssigkeit mittels Einstechens einer Hohlnadel durch die Bauchdecken. Denn durch das entstandene kleine Loch im Echinokokken-Sack werden nachträglich Tochterblasen kaum in die Bauchhöhle austreten können, viel eher die

winzig kleinen Skolezes, die mit blossem Auge kaum noch sichtbar sind. (Demonstration: Hydatidensand; Brutkapseln; isolierte Skolezes. Mikroskop.) 2. Aber konnte von Alexinsky auch experimentell beim Kaninchen und Schaf kleine Echinokokken dadurch erzeugen, dass er den Tieren Brutkapseln mittels einer Spritze in die Bauchhöhle injizierte. Er fand aber mit seinen 4 positiven Versuchen wenig Glauben, zumal eine Reihe von Forschern nach ihm nur negative Resultate hatte.

Die praktische Bedeutung dieser Frage ist keine geringe: wenn in der Tat eine Keimpfropfung mit Skolezes möglich ist, so ist ein Echinokokken-Kranker noch in ganz anderem Masse gefährdet; denn Tochterblasen finden sich vielleicht nur in der Hälfte der menschlichen Blasenwürmer, Brutkapseln und Skolezes aber in der grossen Mehrzahl; die Zahl der Tochterblasen ist, wenn sie auch zu Hunderten vorkommen können, eine relativ beschränkte, die der Skolezes beträgt in einer Blase nicht selten Millionen; — die Zerstreuung und Aussaat der relativen grossen Tochterblasen lässt sich bei chirurgischen Eingriffen vermeiden, die der winzigen Skolezes sicherlich viel schwerer. Und wenn es durch solche Keimaussaat zur Bildung multipler neuer Echinokokken, zur sekundären Echinokokken-Krankheit, kommt, dann ist der Patient häufig verloren. Eine Operation wird nur selten noch alle Blasen beseitigen können. Dann kann also eine einfache diagnostische Punktion den Tod des Patienten bedingen.

Die Versuche von Dévé in Rouen und meine eigenen haben gezeigt, dass die Angaben von Alexinskys durchaus zu Recht bestehen: die Hälfte der Keimpfropfungen mit Skolezes und mehr fallen beim Kaninchen nach unserer Erfahrung positiv aus. Die von Dévé erzeugten Echinokokken sind recht winzig, höchstens hanf- bis hirsekorngross, so wie Sie sie hier etwa als kleine durchscheinende Blasen im Netz eines Kaninchens sehen. Echinokokken von ganz anderer Grösse konnte ich erzielen, wenn ich den Versuch auf 1½—2 Jahre ausdehnte. (Demonstration.)

Sie sehen da z. T. Echinokokken von der Grösse einer Kartoffel, z. T. von bizarrer Gestaltung, mit vielfachen Ausbuchtungen, wie sie sich gelegentlich beim Schaf finden, während die Echinokokken beim Menschen kugelrund zu sein pflegen. Merkwürdiger noch ist ihre innere Struktur: die grösseren sind häufig von wabigem Bau; jede Zelle bedeutet eine Tochterblase, die jedoch nicht frei im Lumen liegt, sondern eingemauert ist.

Sie lässt sich aber unschwer herausschälen und springt dann als runde Kugel heraus, trägt auch häufig auf der Innenwand wieder Skolezes. Derartige Gebilde sind meines Wissens bisher nicht bekannt gewesen. Es handelt sich wohl um die Bildung intramuraler, endogener Tochterblasen. Der wabige Bau hat eine gewisse Aehnlichkeit mit dem alveolären Echinokokkus (einer anderen Art von Echinokokken-Krankheit); aber nur bei flüchtiger Betrachtung. Es fehlt das Bindegewebe zwischen den einzelnen Bläschen; sie liegen nicht isoliert, sondern von einer gemeinsamen, geschichteten Echinokokken-Membran umgeben usw. (Demonstration.)

In 2 Versuchen fand ich Echinokokken frei in der Bauchhöhle liegen, z. T. von beträchtlicher Grösse, und ebenfalls von wabigem Bau. (Demonstration.)

Dies seltene Vorkommnis erkläre ich so, dass die Blasen erst gestielt waren, was recht häufig ist, und später, wohl infolge Stieldrehung, abfielen; sie haben nämlich einen peritonealen Ueberzug. Den Modus der Stieldrehung konnte ich in einem Fall direkt beobachten mit Durchblutung des Stieles und der äusseren Hülle der Blase. Jedenfalls können sich frei in der Bauchhöhle liegende Echinokokken einige Zeit lang lebend erhalten, was nicht ohne Interesse ist.

Die Keimpfropfung gelingt nicht nur in der Bauchhöhle, sondern wie es scheint überall. Hier sehen Sie Echinokokken, die im Unterhautzellgewebe wachsen, hier solche, die im Herzbeutel gestielt sitzen, hier haben Sie Lungenechinokokken, die ich erhielt, indem ich die Injektion in eine Beinvene des Kaninchens machte. Die Echinokokkenköpfchen gelangen dann ins rechte Herz und von da aus in die Lungenschlagader, in deren Verzweigungen sie stecken bleiben.

Auch möchte ich noch darauf aufmerksam machen, was auch auf den Photographien zu sehen ist, dass im einzelnen Versuch die Echinokokken eine sehr verschiedene Grösse erreichen können, obwohl sie gleich alt sind, eine Tatsache, die mit der klinischen Erfahrung gut übereinstimmt, dass das Wachstum des Blasenwurmes sehr verschieden rasch ist.

Die Bildung der Brutkapseln und Skolezes fand ich in allen Blasen, die über erbsengross waren, z. T. noch in kleineren. Das widerlegt die Ansicht Dévés, dass sie fast nur in angesiedelten Tochterblasen stattfindet, nicht in Echinokokken, die aus Skolezes

entstanden. Ferner habe ich auch die Keimpfropfung mittels Tochterblasen und Stücken von Echinokokken-Blasenwand mit positivem Erfolge ausgeführt, wie diese Photographien und Präparate veranschaulichen; besonders interessant ist die Bildung von etwa 30 kleinen Tochterblasen durch 1 Stück verpflanzte Blasenwand.

Auf Einzelheiten kann ich hier nicht näher eingehen, obwohl der Bau der durch Keimpfropfung erzeugten Echinokokken bei der mikroskopischen Untersuchung manches Interessante zeigt.

Durch die genannten Versuche wird die Gefahr der Keimpfropfung erst ins rechte Licht gerückt. Mit dieser Gefahr müssen wir überall rechnen, wo nur die Möglichkeit des Bestehens eines Echinokokken vorliegt. In solchen Fällen ist eine Punktion ohne operative Freilegung, sei es nun zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken, absolut zu verwerfen und ein grober Kunstfehler. Wenn sie gelegentlich ohne Nachteil ausgeführt wird, so beweist das nur, „dass die Patienten nicht immer bestraft werden, wenn der Operateur es verdient", wie Dévé treffend bemerkt.

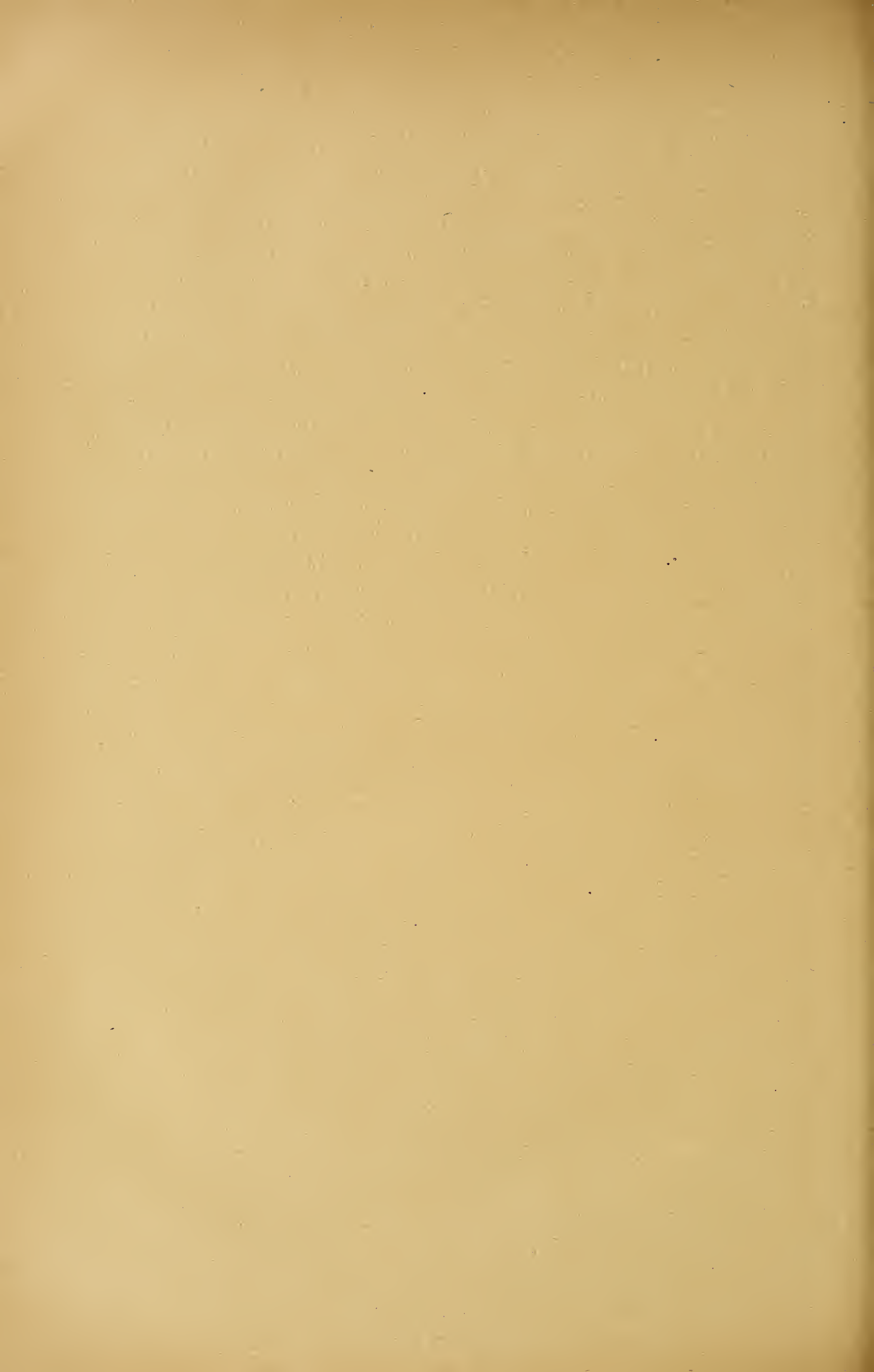
Auch bei der Operation eines Echinokokken werden wir mit allen Mitteln eine Keimpfropfung zu verhüten suchen. Es gelingt das meist schon durch gründliches Abschützen der Umgebung mit Kompressen und Tüchern. Zweckmässiger und sicherer ist es, wenn wir die Keime im Innern des Blasenwurmes vor seiner Eröffnung abtöten, wie das nach dem Verfahren von Dévé-Quénu gelingt: Die operativ freigelegte Echinokokken-Blase wird punktiert, die in ihr enthaltene Flüssigkeit abgehebert und dann die Blase mittels Irrigators für 5 Minuten mit einer 1 %igen Formollösung wieder gefüllt. Die Skolezes sind dann nicht mehr keimfähig, wie Dévé experimentell feststellte. Die Operation wird darauf in üblicher Weise vollendet, der Echinokokkus nach Spaltung seiner Kapsel herausgezogen, die Höhle drainiert usw. —

Unsere Impfresultate sind auch vom theoretisch-zoologischen Standpunkt aus von grossem Interesse: Wir haben eingangs den klassischen Entwicklungszyklus des Echinokokkus besprochen, mit seinem Wirtswechsel vom Hund zum Schaf, bezw. Mensch, und wieder zurück zum Hund, wie er dem von van Beneden aufgestellten Gesetze entspricht. Dass der Echinokokkus sich nun auch direkt, ohne Wirtswechsel, im selben Menschen sollte ver-

mehren können, das war es, was den heftigsten Widerspruch von seiten der Zoologen hervorrief, so von Monier, Braun, Ferval. Die Lehre von der Keimpfropfung wurde von Davaine für „antiphysiologisch", von Pothérat für eine „zoologische Ketzerei" erklärt. Aber auch in diesem Fall waren die Ketzerrichter die Irrenden. Es gibt in der Tat 2 Entwicklungszyklen beim Echinokokkus, den grossen, klassischen, mit Wirtswechsel, und einen kleinen, ohne Wirtswechsel, der für sich geschlossen, im selben Wirt abläuft und theoretisch ohne Ende ist. Dévé hat dafür ein recht instruktives Schema aufgestellt. (Tafel.)

Zum Schluss möchte ich noch erwähnen, dass es mir gelungen ist, auch bei Meerschweinchen Echinokokken durch Pfropfung von Skolezes zu erzeugen, wovon Sie hier ein kleines Exemplar sehen.

Es ist das auch ein Novum. Dévés gleichgerichtete Versuche verliefen sämtlich resultatlos, nur Tochterblasen konnte er lebensfähig übertragen. Und ich glaube auch, dass sich das Meerschweinchen für die Echinokokken-Experimente wenig eignet. Es besitzt eine relative Immunität, jedoch keine absolute.



Abhängigkeit der Dielektrizitäts-Konstante des Wassers vom Druck.

Hierzu Tafel 3, 4 und 5.

Von

Dr. Günther Falckenberg-Rostock.

Eingegangen bei der Redaktion am 6. April 1914.

Die Untersuchungen Röntgens über den Einfluss des Drucks auf die Dielektrizitäts-Konstante des Wassers im Jahre 1894[1]) mit dem Nernstschen Apparat ergaben, dass bei einer Drucksteigerung von 1 auf 500 Atm. die Dielektrizitäts-Konstante „nicht sicher nachweisbar um 1 % geändert wurde".

Untersuchungen von Ratz ergaben[2]): „eine Aenderung der Dielektrizitäts-Konstante innerhalb eines Intervalls von 300 Atm. konnte nicht sicher beobachtet werden und liegt jedenfalls unter 1 %".

Die neueren Hilfsmittel gestatten, wie aus vorliegender Arbeit ersichtlich ist, die Aenderung der Dielektrizitäts-Konstanten bei Drucksteigerung von 7 auf 200 Atm. bis auf 10 % genau zu bestimmen.

Versuchsanordnung.

Mit Hilfe des vortrefflichen, von Mie-Rucop[3]) konstruierten Löschfunkensenders wurden schwach gedämpfte elektromagnetische Wellen von zirka 5 Meter Wellenlänge erzeugt. Dieser Sender gestattet, die Wellenlänge seiner Eigenschwingung in weiten

---

1) Ann. 52, 1894, p. 599.

2) Zeitschr. f. phys. Chemie 19, 1896, p. 111.

3) Ann. 42, 1913, p. 489.

Grenzen kontinuierlich zu ändern. Die Aenderung der Wellenlänge geschieht durch Verlängern oder Verkürzen der Schenkel des Senders (Antennen) mit Hilfe einer Mikrometerschraube. Tafel 3 stellt Sender und Empfänger dar. Der mit dem Sender lose gekoppelte Empfänger, welcher wie der Sender als $\frac{\lambda}{4}$ schwingt, besteht aus einem mit Wasser gefüllten Kondensator in einem Druckgefäss und zwei parallelen, ineinander verschiebbaren Messingröhren, die bei A kurzgeschlossen sind. Der kleine Wasserkondensator besteht aus einem Glaskölbchen mit eingeschmolzenen Platindrähten von der Form, wie sie Drude[1]) angibt. Der Wasserkondensator ist in einem starken Messinggefäss mit Glasplattenverschlüssen eingebettet. Die Glasplatten liegen direkt auf dem Messingrand des Druckgefässes auf. Ebenso liegen die kleinen Platten s direkt auf dem durchbohrten Glas auf. Die Abdichtung bestand in einem Rand von Marineleim im Innern des Druckgefässes. Zirka 2 cm vom Ende der Messingröhren bei A ist als Wellenindikator ein Thermo-Kreuzelement eingeschaltet. Dasselbe wurde mit einem Kugel-Panzergalvanometer von Du Bois-Rubens verbunden mit 20 bis 50 Ω Vorschaltwiderstand. Werden Schwingungen im Sender erzeugt, so wird das Thermoelement Maximal-Ausschläge am Galvanometer hervorrufen, wenn Sender und Empfänger in Resonanz sind. Wird im Empfänger die Resonanz gestört durch Vergrösserung der Wasser-Kapazität bei Drucksteigerung, so müssen entweder die Messingrohre am Empfänger verkürzt oder die Antennen des Senders verlängert werden, um die Resonanzlage wieder herzustellen. Die Resonanzlage wurde folgendermassen bestimmt. Die Länge der Schenkel am Sender wurde mit Hilfe einer Mikrometerschraube verändert. Die beobachteten ballistischen Ausschläge des Galvanometers wurden als Ordinaten, die Länge der Schenkel als Abszissen aufgetragen. Die so erhaltenen Resonanzkurven (Tafel 4) gestatten, den Resonanzpunkt bis auf $^{1}/_{10}$ mm genau zu bestimmen. Aus der Verschiebung der Resonanzlage bei Drucksteigerung kann durch Beschicken des kleinen Kondensators mit Aichflüssigkeiten bekannter Dielektrizitäts-Konstante ε die Aenderung der Dielektrizitäts-Konstanten des Wassers durch Drucksteigerung berechnet werden, wie später eingehender beschrieben wird. Die Kapazität B (Tafel 3) setzt sich in der Hauptsache aus 2 Grössen

[1]) Ann. 61, 1897, p. 471.

zusammen, der Kapazität des Wasserkondensators und der Kapazität des Druckgefässes. Je kleiner die Kapazität des Druckgefässes gewählt wird, um so grösser kann bei gleicher Eigenschwingungsdauer des Systems die Wasser-Kapazität gewählt werden und um so grösser ist die Aenderung der Kapazität durch Drucksteigerung und damit die Genauigkeit der Messung. Der hohe angewandte Druck von 200 Atm. setzt der Kleinheit der Kapazität des Druckgefässes Grenzen. Bei höherem Drucke sprangen die Glasplatten. Das Druckgefäss und die Cailletetsche Pumpe wurden mit Paraffinöl gefüllt, weil dasselbe eine kleine Dielektrizitäts-Konstante hat und die Aenderung der Dielektrizitäts-Konstante mit dem Druck bekannt ist.[1]) Die Länge des Systems von der Glasdurchbohrung bis zum Ende bei A will ich mit l oder Einstellung bezeichnen. Es betrug die Einstellung:

Wasser		Differenz der Einstellung
Ohne Druckgefäss und ohne Kondensator	l_a = 122 cm	17 cm (l_a–l_b)
nur mit Druckgefäss. Luftfüllung	l_b = 105 „	38 „ (l_b–l_c)
mit Druckgefäss und Kondensator mit Wasserfüllung. Luftfüllung	l_c = 67,4 „	
dasselbe, aber mit Oel an Stelle der Luft	l_d = 66,3 „	1,1 „ (l_c–l_d)

Das Druckgefäss hat nur zirka 30 % der Kapazität des Wasserkondensators. Die Oelfüllung ändert die gesamte Kapazität nur um zirka 4 % der Grösse der Wasserkapazität.

Die Messungen.

Der Wasserkondensator wurde mit doppelt destilliertem Wasser gefüllt. Für gute Kontakte sorgten federnde Zuführungen.

Nach dem Zusammensetzen wurde Oel ins Druckgefäss gepumpt. Die Luft entwich durch ein im oberen Teil des Druckgefässes befindliches Loch, welches erst verschlossen wurde, nachdem sich an dem heraustretenden Oel längere Zeit keine Luftblasen mehr zeigten. Dann wurde das Gefäss zirka 10 Minuten lang unter 200 Atm. Druck gesetzt. Unter einem Druck von 7 Atm. wurde dann das Druckgefäss 2—3 Stunden lang gelassen, bevor die Messungen begannen. Für möglichste Konstanz der Zimmertemperatur wurde gesorgt. Mit Hilfe eines im Innern des Druckgefässes befindlichen Thermoelement wurde festgestellt, dass über eine Stunde nötig war, um das Gefäss von 3 Grad Temperatur-

[1]) Ortvay. Ann. 36, 1911, p. 1.

Differenz gegen Zimmertemperatur auf $^1/_2$ Grad Temperatur-Differenz abzukühlen. Die Kompressionswärme dagegen ging innerhalb einer halben Stunde auf einen Betrag zurück, der bereits innerhalb der Fehlergrenze der übrigen Messungen lag.

Während der Aufnahme der Resonanzkurven befand sich kein Thermoelement zur Temperaturmessung im Druckgefäss, um Kapazitätsstörungen durch dasselbe zu vermeiden.

Auf die Konstanthaltung der Temperatur musste bei den Messungen die grösste Sorgfalt verwandt werden, da bereits 2 Grad Temperaturerhöhung die Kapazitätsvermehrung durch Druckerhöhung von 200 Atm. aufgehoben hätten.

Die letzte Stunde vor Beginn der Messungen wurde die Zimmertemperatur auf ± 0,1 Grad konstant gehalten, bis auf kurze Zeit andauernde Schwankungen, welche durch Oeffnen der Tür entstanden. Zuerst wurde die Resonanzkurve I (Tafel 4) bei 7 Atm. Druck aufgenommen, durch Veränderung der Länge der Antennen, wie schon oben beschrieben. Sofort nach dieser Messung wurde der Druck auf 200 Atm. erhöht und 30 bis 45 Minuten gewartet bis zum Beginn der zweiten Messung. Nach der Aufnahme der II. Resonanzkurve (Tafel 4) bei 200 Atm. wurde wieder sofort der Druck auf 7 Atm. reduziert und wie früher 30 Minuten gewartet bis zum Beginn der Aufnahme der III. Resonanzkurve bei 7 Atm. Druck.

Die I. und III. Resonanzkurve deckten sich auch bei anderen Wasserfüllungen nie völlig miteinander. Kleine Temperaturänderungen, die nicht zu verhindern waren, werden wohl diese Differenzen verursachen.

Der Druck konnte durch geeignete Belastung des Pumpenhebels auf ± 1 Atm. konstant gehalten werden. Ein Pumpenhub genügte, um während der Messung den Druck bis auf ± 1 Atm. konstant zu halten. So wurden mehrere Messungen mit verschiedenen Füllungen gemacht.

Der Resonanzpunkt verschob sich bei drei Gruppen von Messungen, wenn man die Differenz nimmt zwischen der Einstellung bei 200 Atm. und dem Mittel der vor und nach dieser Messung mit 7 Atm. am Sender gefundenen Einstellungen bei

Gruppe I um 2,8(5) mm
„ II „ 2,9(1) „
„ III „ 3,4(0) „
Mittelwert 3,0(5) „

Dieser Mittelwert von 3,0(5) wurde der Berechnung zugrunde gelegt. Ferner wurde durch Messungen festgestellt, dass, wenn der Wasser-Kondensator sich nicht im Druckgefäss befand, Kapazitätsänderungen des Druckgefässes bei Druckerhöhung von 197 Atm. nicht zu bemerken waren. Durch Messungen wurde ferner festgestellt, dass innerhalb der benutzten Einstellung einer Verlängerung des Senders um 40,0 mm eine Verlängerung des Empfängers von 38,2 mm entsprach. Der Mittelwert der Verschiebung durch Druck am Sender von 3,0(5) mm entspricht daher einer Verkürzung der Einstellung l am Empfänger von 2,9(1) mm.

Aichung des Kölbchens mit Gemischen von Aceton und Wasser.

Um die Aenderung der Dielektrizitäts-Konstante des Wassers durch Drucksteigerung $\Delta\varepsilon$ berechnen zu können, wurde das Kölbchen mit verschiedenen Mischungen von Aceton und Wasser beschickt. Es wurde mit 6, $12^1/_2$ und 25 gr Aceton in 100 gr-Mischung gearbeitet. Die Werte der betreffenden Dielektrizitäts-Konstanten wurden aus einer Arbeit von Drude[1]) entnommen. Die Einstellung l wurde diesmal durch Aenderung der Röhrenlänge des Empfängers aufgenommen. Als Abszissen wurden die Längen des Empfangssystems eingetragen, als Ordinaten, wie früher, die ballistischen Ausschläge des Galvanometers.

Die Werte der Dielektrizitäts-Konstanten wurden dann in Tafel III als Abszissen, die gefundenen Werte der Einstellungen als Ordinaten aufgetragen.

$\Delta\varepsilon$ wurde aus der so erhaltenen Kurve auf zweierlei Art berechnet.

I. Es wurde angenommen, dass zwischen den Punkten 4 u. 5 und 1 u. 2, Tafel 5, die Kurve als Gerade betrachtet werden kann. Der Mittelwert von 4 u. 5 wurde der Rechnung zugrunde gelegt.

II. Die Mittelwerte von 6 u. 7 und 1 u. 2 wurden benutzt und $\Delta\varepsilon$ mit Hilfe einer von Drude aufgestellten Formel berechnet. Trägt man nach Drude die Werte von cot. $2\pi\frac{l}{\lambda}$, wo l die Einstellung, λ die Wellenlänge bedeutet,

[1]) Ann. 61, 1897, p. 496.

als Ordinaten, die zugehörigen Dielektrizitäts-Konstanten der im Kölbchen befindlichen Mischungen als Abszissen auf, so ist die so erhaltene Kurve nahezu eine gerade Linie. Die Richtigkeit obiger Formel innerhalb des obigen Messungsbereiches wurde mit verschiedenen Mischungen in einem grösseren Kondensator bestätigt gefunden.

Ich lege hier den von Drude angegebenen Wert der Dielektrizitäts-Konstante des Wassers zugrunde. (Auf einen kleinen Fehler des absoluten Wertes kommt es hier nicht an.)

Nach Drude ist $\varepsilon = 81{,}99$ bei 1 Atm. und 16,3 Grad C.

Nach I berechnet, vergrösserte sich der Wert der Dielektrizitäts-Konstante des Wassers von $81{,}99_0$ auf $82{,}75_4$ bei 197 Atm. Drucksteigerung.

$$\Delta\varepsilon = 0{,}76_4 \text{ für 197 Atm. Druckdifferenz.}$$

Nach II berechnet

$$\Delta\varepsilon = 0{,}77_5\,.$$

Diese Werte müssen noch korrigiert werden, da sich die Dielektrizitäts-Konstante des Paraffinöls mit dem Druck ebenfalls ändert. Nach Ortvay[1]) beträgt bei 193 Atm. Drucksteigerung die Aenderung der Dielektrizitäskonstanten des Paraffinöls 0,90 %.

Aus den Einstellungen l_b, l_c und l_d auf Seite 3 wurde wiederum mit Hilfe der Drudeschen Formel: $\cot.\ 2\pi\frac{l}{\lambda}$ berechnet, dass die Paraffinöl-Kapazität 3,6 % der Wasser-Kapazität beträgt.

Der mit Hilfe der Drudeschen cotg-Formel berechnete Wert $\Delta\varepsilon = 0{,}77_5$ ist meiner Ansicht nach der genauere. Denn je grösser die Differenzen der Einstellungen sind, um so weniger kommen die unvermeidlichen Fehler in Betracht, die durch das jedesmalige Auseinandernehmen des Druckgefässes entstehen.

$\Delta\varepsilon$ korrigiert $= 0{,}77_5 - 3{,}6\,\% = 0{,}74_7$ für 193 Atm. Druckdifferenz.

Unter der Annahme, dass innerhalb der Grenzen von 1 bis 7 Atm. die Aenderung von ε proportional dem zwischen 7 und 200 Atm. gefundenen Unterschied gesetzt werden darf, wird

$\Delta\varepsilon$ für 200 Atm. Druckdifferenz $= 0{,}74_7 + 3{,}5\,\% = 0{,}77_3$,
also $\Delta\varepsilon = 0{,}94\,\%$ für 200 Atm. Druckdifferenz
und $\Delta\varepsilon = 0{,}0047\,\%$ für 1 Atm. Druckdifferenz.

---

1) Ortvay, Ann. 36, 1911, p. 1.

Zusammenfassung.

Unter Berücksichtigung, dass sich bei der Drucksteigerung das Volumen des Glasgefässes geändert hat und auch kleine unberechenbare Deformationen des Druckgefässes bei den hohen Drucken eingetreten sind, halte ich die Vergrösserung der Dielektrizitäts-Konstanten des Wassers $\Delta\varepsilon$ infolge der Drucksteigerung um 200 Atm.

$\Delta\varepsilon = 0{,}9_4\,\%$ bei 200 Atm. Druckdifferenz ($\lambda = 5$ Meter, $t = 16{,}3$ Grad C.) nur auf die erste Dezimale für sicher gestellt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Direktor des Rostocker Physikalischen Instituts Herrn Prof. Heydweiller für die Anregung zu obiger Arbeit und für viele wertvolle Ratschläge meinen ergebensten Dank auszusprechen.



Die Arbeiten der „Rostocker Luftwarte“ in Friedrichshöhe bei Rostock im Jahre 1913.

Von

A. Hildebrandt und **G. Kümmell.**

Hierzu Tafel 11 und 12.

Eingegangen bei der Redaktion am 1. Mai 1914.

Entwicklungsgeschichte der Rostocker Luftwarte.

Die erste Anregung zur Gründung einer Luftwarte an der Ostseeküste hat der verdienstvolle Aerologe Teisserenc de Bort am 12. April 1906 — der Monatstag ist so genau im Gedächtnis haften geblieben, weil der erstgenannte Verfasser am folgenden Tage und zwar an einem Freitage und sogar einem Karfreitage, überdies noch am dreizehnten des Monats zu Paris seine hundertste Ballonfahrt machte — bei einem Besuche seiner privaten Luftwarte zu Trappes bei Paris gegeben. Dieser Gelehrte führte schon damals aus, Luftwarten seien nicht nur für die allgemeine Wetterkunde, sondern besonders auch für die Sicherheit eines späteren Luftverkehrs von hoher Bedeutung, und es sei notwendig, eine grössere Anzahl von ihnen auf dem Kontinent ins Leben zu rufen. Der sofort vom Berichterstatter gefasste Plan, in der Nähe von Kolberg auf dem Gelände eines Freundes eine Warte zu errichten, wurde dem Geheimen Regierungsrat, Professor Dr. med. et phil. Assmann, Direktor des Aeronautischen Observatoriums des preussischen Staates vorgetragen. Dieser riet von der geplanten Errichtung bei Kolberg ab, da er beabsichtige, an der Danziger Bucht die Erforschung der höheren Schichten der Atmosphäre

mittels Drachen und Ballonen zu betreiben. Gleichzeitig bat Herr Assmann, von einem Privaten einen Betrag von 100000 Mark als Zuschuss zu der im übrigen vom preussischen Staate zu errichtenden und zu erhaltenden Luftwarte zu beschaffen. Obwohl es dem Unterzeichneten gelang, einen Förderer der Luftfahrt zur Bereitstellung der geforderten Geldsumme zu veranlassen, ist es bis heute nicht zu der Errichtung des Instituts gekommen, aus Gründen, deren Erörterung nicht hierher gehört.

1911 wurde der Plan, ein der aerologischen Forschung gewidmetes Unternehmen an der Ostsee zu gründen, wieder aufgenommen. Die gesammte Küste wurde nach einem brauchbaren Platze abgesucht. Technisch am geeignetsten erschien die Gegend bei Warnemünde, die gleichzeitig auch weit genug von der Drachenstation der deutschen Seewarte entfernt war. Zwei aerologischen Zwecken dienende Anstalten in unmittelbarer Nähe wären nämlich unzweckmässig gewesen. Es sei hier bemerkt, dass damals schon der Platz am Breitling bei Rostock als der geeignetste für einen Wasserflugzeugplatz vom Berichterstatter öffentlich bezeichnet wurde, obwohl vom Wasserflugzeugbau in der Welt noch nicht viel zu hören war.

Professor Köppen, Direktor der Drachenstation der Seewarte, war mit der für die Anstalt gewählten Lage einverstanden, die Entfernung von Hamburg hielt er ebenfalls für völlig genügend. Im Dezember 1911 wurde alsdann endgültig der Entschluss zum Bau gefasst, nachdem ein englischer Freund der Luftfahrt, der das Zustandekommen des Planes besonders befürwortete, 20000 Mark zu den Kosten beigetragen hatte.

Geplant waren in der Hauptsache luftelektrische Forschungen, die bisher bei den aerologischen Arbeiten noch vielfach vernachlässigt worden waren. Die Unterhaltung der Luftwarte sollte bis Ende April 1914 erfolgen. Bis dahin glaubte man, die Frage geklärt zu haben, ob es möglich wäre, mit den heute zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln eine Erforschung der Luftelektrizität der höheren Schichten vorzunehmen. Universitätsprofessor Dr. Kümmell erklärte sich bereit, die wissenschaftliche Leitung der Luftwarte im Ehrenamt zu übernehmen und ging sofort an die nötigen Vorarbeiten, wie Aussuchen des Bauplatzes usw. Der Unterzeichnete, dem die technische Leitung und Verwaltung obliegt, übernahm es, die weiteren Mittel zu beschaffen, die für die Errichtung der Baulichkeiten und für die

Unterhaltung der Luftwarte bis zum vorgesehenen Zeitpunkt erforderlich waren. Der Staat sollte um einen Beitrag nicht angegangen werden.

Obwohl demnach die Anstalt nur für kürzere Zeit gedacht war, wurde doch der Bau so gediegen ausgeführt, dass er auch für einen längeren Zeitraum ausreichend ist. Hierfür war die Erwägung massgebend, dass vielleicht später, wenn sich etwa die besondere Nützlichkeit der Luftwarte ergeben würde, der Staat die Anstalt übernehmen könnte. Einem Privaten ist es kaum zuzumuten, über einen längeren Zeitraum als drei Jahre hinaus die erheblichen Kosten und die grosse Arbeit für die Allgemeinheit zu tragen.

Um möglichst viel Geld für die wissenschaftlichen Hilfsmittel zur Verfügung zu behalten, wurde an E. E. Rat der Stadt Rostock der Antrag gestellt, kostenlos einen Platz für die Luftwarte zur Verfügung zu stellen. Bereitwilligst wurde dieser Bitte von Magistrat und Bürgervertretung entsprochen. Die ganze Umgegend von Rostock wurde nun nach einem geeigneten Platze abgesucht, auf dem die Drachen und Fesselballone, ohne durch Hindernisse allzusehr gestört zu sein, in die Luft gelassen werden können. Es traf sich ausgezeichnet, dass gerade das Gelände um den höchsten Punkt bei Rostock herum, bei Friedrichshöhe am Barnstorfer Wäldchen der Stadt gehört und sofort zur Verfügung gestellt werden konnte, nachdem die Rechte einiger Pächter abgelöst worden waren. Das Gebiet, das zur Verwaltung der Hospitalien zum Heiligen Geist und St. Georg gehört, hat eine Grundfläche von etwa 2,5 Hektar.

Mit der Ausarbeitung der Pläne für die erforderlichen Baulichkeiten: Werkstatthaus, Drachen- und Ballonhalle, luftelektrische Hütte, Windenhaus usw. wurde der Berliner Baumeister Willy Jäger beauftragt, nachdem Professor Kümmell den Raumbedarf und den Einteilungsplan festgestellt hatte. Die Baulichkeiten sollten würdig aussehen, so dauerhaft ausgeführt werden, dass ihr Bestand für längere Zeit gesichert ist und dabei aber auch nicht zu hohe Kosten machen. Der Baukünstler hat seine Aufgabe vorzüglich gelöst. Die Anlagen machen nach Ansicht aller Besucher einen guten Eindruck, und, was ebenfalls sehr wichtig war, die Voranschläge sind dank der trefflichen Einteilungsgabe des Erbauers niemals überschritten worden, was, wie jeder, der schon einmal gebaut hat, besonders zu würdigen wissen wird. Auch an

dieser Stelle sei Herrn Jäger noch einmal Anerkennung und Dank ausgesprochen! Die Ausführung des Baus wurde dem Maurermeister Quade in Rostock übertragen. Besondere Schwierigkeiten entstanden beim Bau nur durch den Brunnen; in dem noch sehr trockenen Sommer des Jahres 1912 wurde erst in 28 Meter Tiefe Wasser gefunden; der sandige Untergrund erschwerte überdies die Arbeit.

Die Stadt Rostock, die ausser dem Gelände noch 1000 Mark in bar für die Baukosten zur Verfügung gestellt hatte, liess zur Beschaffung des erforderlichen elektrischen Stromes für Licht- und Kraftanlagen eine eigene Anschlussanlage an die Hochspannungsleitung der Ueberlandzentrale von Bramow nach Güstrow herstellen. Alle Arbeiten wurden so gefördert, dass bereits Ende November mit den Drachenaufstiegen begonnen werden konnte, nachdem vom September ab die Einrichtung der wissenschaftlichen Ausrüstungen erfolgt war. Am 5. Dezember fand die erste Besichtigung durch einheimische Gäste, Vertreter der Stadt Rostock und andere amtliche Persönlichkeiten und Freunde der Anstalt statt.

Am 16. Dezember erfolgte der erste Abreisser; der Drache flog am Draht 8 Kilometer weit, wurde beim Herabfallen aber wenig beschädigt, das wissenschaftliche Gerät blieb unversehrt.

Die erste Zeit musste naturgemäss zur Einarbeitung der Personen dienen. Die wissenschaftliche Leitung hatte, wie versprochen, Herr Kümmell, seine Stellvertretung in den Ferien Herr Professor Dr. Ule-Rostock übernommen. Als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter war der Physiker Dr. Rubien im Frühjahr 1912 angestellt. Seit Frühjahr 1913 ist Herr stud. rer. nat. Reiss noch als freiwilliger wissenschaftlicher Hilfsarbeiter tätig; er ist gleichzeitig dort mit der Ausarbeitung seiner Doktorarbeit beschäftigt. Gelegentlich der auf dem Warnemünder Flugplatze vorgenommenen Wind-Untersuchungen hat auch Herr cand. phil. Schneider sich zur Verfügung gestellt, ihm sei auch hier bestens gedankt. Als Syndikus wirkte im Ehrenamt zunächst Herr Rechtsanwalt und Notar Cohnitz, Berlin und später Herr Rechtsanwalt Freyer, Berlin. Grosse Geschicklichkeit in Anfertigung von Drachen und in Ausführung mechanischer Arbeiten hat sich der ständig angestellte Zimmermann Meyer erworben. Zeitweise wurden ferner noch einige Arbeiter angenommen.

Die deutsche Seewarte, besonders Herr Köppen und sein Hilfsarbeiter Herr Dr. Perlewitz, bekundete grosse Anteilnahme

für die Luftwarte. Bereitwilligst wurde bei der Drachenstation zu Gross-Borstel bei Hamburg der wissenschaftliche Hilfsarbeiter ausgebildet, der Drachentischler der Seewarte wurde zur Verfügung gestellt und bei der Beschaffung der Motorwinde für die Fessel-Aufstiege geholfen. Auch die Vertreter der Stadt Rostock, dessen Berichterstattung der Platz untersteht, die Herren Senatoren Blanck und Müller, waren ständig bemüht, der Luftwarte die Wege zu ebnen. Ueberhaupt ist das grosse Entgegenkommen der Behörden der Stadt rühmend hervorzuheben. Mit Dank ist besonders der Förderung zu gedenken, die Bürgermeister Clement jederzeit der Luftwarte bewiesen hat. Für die kaufmännische Gestaltung beim Bau und auch noch später war die Mitarbeit des Herrn Hoflieferanten Balgé von besonderem Werte; ihm sei auch an dieser Stelle der Dank der Beteiligten ausgesprochen. Die Universität bekundete naturgemäss der Luftwarte grosse Beachtung; Professor Dr. Heydweiller, Inhaber des physikalischen Lehrstuhls, hat alle ihm geäusserten Wünsche bereitwilligst erfüllt.

Um die ausführenden Arbeiten auf aerologischem Gebiete kennen zu lernen, besuchte Professor Kümmell ausser der Drachenstation der Deutschen Seewarte und dem geophysikalischen Institut zu Göttingen auch das Potsdamer Observatorium und insbesondere die Warte des Herrn Assmann zu Lindenberg bei Beeskow. Diese Anstalt ist bekanntlich die grösste der Welt; in der Hauptsache dient sie rein meteorologischen Fragen, luftelektrische Messungen werden nur nebenher ausgeführt. Für die Schöpfung der wissenschaftlichen Anlagen und für den Bau der Messapparate konnte naturgemäss kein Vorbild gewählt werden, nach diesen Richtungen hin ist Herr Kümmell selbständig vorgegangen.

Infolge des Entgegenkommens des Direktors des Königlich Preussischen meteorologischen Instituts zu Berlin, Geheimen Regierungsrat Prof. Dr. Hellmann, konnte der wissenschaftliche Hilfsarbeiter Dr. Rubien in Potsdam einige Zeit arbeiten, um sich mit den dort für luftelektrische Messungen aufgestellten Geräten vertraut zu machen. Auch Professor Dr. Lüdeling, der sich besonders eingehend mit luftelektrischen Arbeiten beschäftigt, ist manche wertvolle Anregung zu danken. Der Meteorologe Professor Dr. Stade, ausübender Luftfahrer, hat viele wichtige Ratschläge erteilt.

So kam denn der Betrieb bald in geregelte Bahnen. Wie vorausgesehen war, stellten sich den luftelektrischen Arbeiten

besondere Schwierigkeiten entgegen, die an anderer Stelle erörtert werden sollen. Der Platz erwies sich als sehr geeignet, wenngleich seine Lage auch einige Fehler hat, die bei der Gründung schon eingehend erörtert waren. Der Kostenersparnis halber musste die schon oben erwähnte Starkstromleitung oberirdisch herangeführt werden. Dies gab zu Bedenken aber keine Veranlassung, weil durch ein Schutznetz eine Berührung der Drachendrähte mit den Leitungen verhindert werden konnte und verhindert ist. Auch die an dem Platze unmittelbar vorbeiführende Doberaner Eisenbahn stört fast gar nicht. Ueberdies führen Bahnlinie und Starkstromleitungen gerade an der Seite vorbei, nach der zu der Wind äusserst selten steht.

Dieser Erörterung über den Platz muss ein weiterer Raum geschenkt werden, weil die Reichspostbehörde, die offenbar nicht eingehend genug orientiert ist und zum mindesten gegen den Grundsatz verstossen hat: „Audiatur et altera pars“ gegen den Gründer den Vorwurf erhoben hat, bei der Auswahl des Platzes sei nicht genügend sorgfältig verfahren. Diese Beschuldigung muss auf das entschiedenste zurückgewiesen werden, sie ist vollkommen unzutreffend. Es lässt sich naturgemäss bei keiner Luftwarte der Welt vermeiden, dass gelegentlich Abreisser vorkommen. Demnach wird es immer mal vorkommen, dass sich Drachendraht über Fernsprech- und Telegraphen- oder gar über Starkstromleitungen legt, mag man auch die Luftwarte, so weit wie es in Deutschland eben geht, von allen Stromleitungen entfernt legen. Der Drache schleift meist noch grosse Längen Draht oft viele Dutzend Kilometer weit ins Land hinein. In einem kultivierten Lande gibt es heutzutage eben keine grössere Landstrecke mehr, in der im weiteren Umkreis jegliche Leitungen fehlen. Luftwarten sind eine zwingende Notwendigkeit, und so muss man sich eben damit abfinden, dass gelegentlich Unheil durch die Fesseldrähte angerichtet wird. Es wird ja auch häufig durch freifahrende Luftfahrzeuge grosser Schaden angerichtet! Es sei nur daran erinnert, dass schon mehrfach durch Freiballone Kurzschluss in Starkstromleitungen herbeigeführt worden ist, dass ferner durch die durch das Luftfahrzeug hervorgerufene Verbindung von Starkstrom mit Schwachstromleitungen ein Brand in einem Postamt vorgekommen ist; ganze Fabriken sind schon auf einen halben Tag und länger still gesetzt worden und endlich sind sogar Menschen durch freiwillig oder unfreiwillig zur Erde niedergehende oder von

ihr aufsteigende Luftfahrzeuge verletzt und getötet worden. Dabei wird es keinem vernünftigen Menschen einfallen, das Fliegen von Flugzeugen oder Luftschiffen oder Ballonen zu verbieten. Der „Rostocker Luftwarte“ aber bereitet die Reichspostbehörde Schwierigkeiten, weil während des mehrjährigen Bestehens einmal ein Schaden von 55 Mark ihr bereitet worden ist, der nicht etwa durch einen abgerissenen Fesseldraht, sondern durch einen anderen Draht hervorgerufen worden ist.

Der Möglichkeit, dass durch den Betrieb immerhin Schaden angerichtet werden kann, ist durch eine Versicherung Rechnung getragen. Mit der Wilhelma in Magdeburg ist ein Abkommen getroffen, nach der die Luftwarte gegen Haftpflicht für Sach- und Personenschaden in Höhe von einer halben Million versichert ist. Die Gebühr ist sehr niedrig. Der Unterzeichnete hatte, um über diesen hohen Betrag hinaus nicht mit seinem Vermögen haftbar zu sein, die Luftwarte als Gesellschaft mit beschränkter Haftung eintragen lassen; die Löschung der Eintragung ist aber bald wieder beantragt worden.

Somit dürfte wohl alle Sorgfalt angewendet sein, die in unserem Vermögen lag, dass durch diese, lediglich wissenschaftlichen, keinerlei Erwerbszwecken dienende, der Allgemeinheit nützende Luftwarte keinem Schaden an Gut und Blut zugefügt wird.

Auch dem wirklichen Leben konnte die Luftwarte schon dienen. Gelegentlich hat ein Gericht um ein Gutachten gebeten, — mehrfach hat auch die Telegraphenverwaltung um Auskunft gebeten, wie die luftelektrischen Verhältnisse an bestimmten Tagen gewesen waren. Zur Feststellung, ob etwa bei Warnemünde in der Gegend des geplanten Wasserflugplatzes den Fliegern ungünstige Windverhältnisse herrschen, sind auf dem Felde zwischen Breitling und Ostsee längere Zeit hindurch Stichballonaufstiege unternommen worden. Getreu dem Grundsatz, der Oeffentlichkeit zu nützen, wo es immer nur möglich ist, hat die Luftwarte alle Anfragen und Wünsche bereitwilligst und zwar völlig kostenlos erledigt.

Die sachverständigste Stelle, die es in aerologischen Fragen in der Welt gibt, die „Internationale Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt“ hat die Gründung der Luftwarte gelegentlich ihrer vom 28. Mai bis 1. Juni 1912 stattgefundenen 7. Versammlung in Wien mit folgendem Beschluss begrüsst:

„Die Kommission dankt Herrn Hildebrandt, dem Gründer, und insbesondere Herrn Patrick Y. Alexander, dem hochherzigen Stifter der Rostocker Luftwarte, dass es ihnen gelungen ist, eine aeronautische Station, die sich an den Arbeiten der Internationalen Kommission beteiligen und vor allen Dingen luftelektrische Messungen auch in der Höhe anstellen will, zu gründen.“

Wie sehr auch in den im Erwerbsleben stehenden Luftfahrerkreisen die Tätigkeit derartiger Anstalten erkannt wird, zeigt die Bereitwilligkeit aller, auf die ausgesprochene Bitte hin und auch mehrfach ohne eine solche, durch Stiftungen zu helfen. Zahlreich sind die Gaben, die der Luftwarte in Gestalt von technischem und wissenschaftlichem Gerät aus allen Gauen Deutschlands zugeflossen sind. Die Namen der selbstlosen Geber sind in folgendem in alphabetischer Reihenfolge angeführt:

Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin; Albatross-Flugzeugfabrik G. m. b. H., Berlin-Johannisthal; Automobil- und Aviatik-A.-G. Mülhausen i. E.; Hermann Balgé, Hoflieferant, Rostock; Berliner Verein für Luftfahrt; Cohnitz, Rechtsanwalt und Notar, Berlin; Delag, Deutsche Luftschiffahrts-A.-G., Frankfurt a. M. (Diese hat Plätze in ihren Fahrgast-Zeppelin-Luftschiffen zur Verfügung gestellt behufs Anstellung von luftelektrischen Messungen; von diesem Anerbieten konnte bislang noch kein Gebrauch gemacht werden.) Deutsche Flugzeugwerke G. m. b. H. in Leipzig-Lindenthal; C. P. Goerz, Optische Anstalt, Berlin-Friedenau; Richard Gradenwitz, Fabrikbesitzer, Berlin; Geheimer Kommerzienrat Theodor v. Guilleaume, Köln; M....., A., Berlin (wünscht nicht genannt zu werden); Verlagsbuchhändler S. Hirzel, Leipzig; Professor Dr. Kümmell, Rostock; Niederrheinischer Verein für Luftfahrt, Abteilung Essen-Ruhr (Professor Dr. Bamler hat aus der Bamler-Stiftung zwei von Rostock auszuführende Ballonfahrten für luftelektrische Messungen zur Verfügung gestellt; bislang konnte noch keine Fahrt gemacht werden); Rumpler-Flugzeugwerke G. m. b. H., Berlin-Johannisthal; Siemens-Schuckert-Werke, Berlin; Professor Dr. Ule, Rostock; Graf Ferdinand v. Zeppelin, Stuttgart.

Allen Gebern sprechen wir auch hier verbindlichsten Dank aus für Förderung unseres Unternehmens.

Die Anteilnahme für die zeitgemässen Arbeiten der Luftwarte ist im In- und Auslande gross gewesen. Zahlreich ist deshalb der Besuch, den die Anstalt aufzuweisen gehabt hat. Am

2. August 1913 wurde uns die hohe Ehre des Besuches des Landesfürsten, Se. Königl. Hoh. des Grossherzogs Friedrich Franz von Mecklenburg-Schwerin zuteil. Se. Königl. Hoh., begleitet von dem Adjutanten Hauptmann v. Witzendorff und dem Vizekanzler der Universität, Wirklichen Geheimen Legationsrat Dr. v. Buchka sowie Seiner Magnificenz dem Rektor Professor Dr. Körner hörte zunächst in der Aula der Landes-Universität einen in die aerologischen Forschungen allgemein einführenden Vortrag des Unterzeichneten und fuhren dann im Automobil nach Friedrichshöhe, wo zum Empfang noch der Vertreter der Stadt, Senator Blanck und der kaufmännische Berater der Warte, Hoflieferant Balgé, anwesend waren. Professor Dr. Kümmell gab die nötigen Erklärungen und die Herren Dr. Rubien sowie Reiss führten die Drachen und die wissenschaftlichen Geräte vor.

Ausserdem wurde die Luftwarte noch von folgenden Herren und Körperschaften besucht[1]):

Ackermann, Redakteur. Alexander, Patrick, Y., London. Awe, W., Dr. jur. Bader, P. und Frau, Malchin. Balgé, Hermann, Hoflieferant. Balgé, Frau. Barfurth, Hans, Dr., Hilfsarbeiter im Ministerium des Innern, Schwerin. Barfurth, W., Dr. med., Frauenarzt, Hamburg. Becker, A. Fr., Oberleutnant zur See, Kiel. Becker, Dr., Bürgermeister. Beckmann, Fritz, cand. med., Goldberg. Bennecke, Professor, Dr. med., Privatdozent an der Universität. Berthold, Adolf, Stockholm. Berthold, Hildegard geb. Platner, Stockholm. Blanck, Senator. Bloch-Reincke, Dr., o. Professor der Geschichte. Böbs, Dr. jur., Rechtsanwalt und Notar. Breitung, Oberingenieur, Siemens-Schuckert-Werke. von Buchka, Dr., Wirklicher Geheimer Legationsrat, Konsistorialdirektor, Vizekanzler der Universität. Cannegieter, H. G., Assistent am Königlichen Nied. Meteorolog. Institut, De Bilt., Holland. Clement, Bürgermeister, Geh. Kommerzienrat. Cords, Leutnant. Dahse, Senator. Dines, J. S., South Farnborough Observatory, London. Dobson, Gordon, Royal Flying-Corps, Salisbury-Plain, England. Drews, Dr., Gymn.-Prof. Ehlers, G., Oberleutnant zur See, Kiel. Ehlers, Hofmaurermeister. Ehrenberg, Dr., o. Professor. Falkenberg, Dr., Geheimer Hofrat, o. Professor an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens. Grilym, Williams, Mrs. geb. Rubien, Llanelly-Wales. Gruber, Rechtsanwalt, Plauen i. V. Haensch, Kommerzienrat, Senator, Vorsitzender des Rostocker Aero-Klubs. Heidensleben, Carla. Heydweiller, Dr., o. Professor und Direktor des physik. Instituts. Hildebrandt, Frau, Berlin. Hildebrandt, Hanna, Isenhagen. Hübner, Dr., o. Professor,

[1]) In nachstehendem Verzeichnis ist bei den aus Rostock gebürtigen Personen der Ortsname nicht hinzugefügt.

Rektor der Universität. Hunsacker, Captain, Washington, U. S. A. Kobert, Dr., o. Professor, Geh. Med.-Rat. Koch, Dr., Vors. f. Bürgervertreter. Köppen, W., Dr., Professor, Deutsche Seewarte, Hamburg. Körner, Dr., o. Professor, Geh. Med.-Rat, Rektor der Universität. Krull, Telegraphendirektor. Kümmell, Frau Professor. Kümmell, Fränze. Kutschinski, Ingenieur, Berlin. Lüdeling, Dr., Professor, Königlich Meteorolog. Institut, Berlin. Luftflotten-Verein, Abteilung Rostock des Deutschen Luftflotten-Vereins. Mahn, Geheimer Kommerzienrat, Königlich Spanischer Vizekonsul. Matthias, Dr., Geheimer Justizrat, o. Professor der Rechte an der Universität. Mönnich, Dr., Professor, Gehlsdorf. Perlewitz, P., Dr., Deutsche Seewarte, Hamburg. Pfeiffer, Dr., o. Professor, Geheimer Medizinalrat, Direktor des Hygienischen Instituts. Pieritz, Direktor des städtischen Elektrizitätswerkes. Quade, Maurermeister. Regenstein, Stadtverordneter. Regenstein, Kaufmann. Riedel, Leutnant, Fliegeroffizier, Metz. Ries, von Scheurnschloss, Freiherr, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Präsident der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin. Rubien jun., Fritz. Rubien, Frau. Schubert, Franz, cand. phil. Schwahn, Dr., Professor, Direktor der Urania, Berlin. Schwalbe, G., Dr., Professor, Königlich Meteorolog. Institut, Berlin. Schwalbe, E, Dr., o. Professor. Seitz, Carl, Altenburg, Erzgebirge. Stade, Dr., Professor, Berlin. Störmer, Dr., a. o. Professor der analytischen und gerichtlichen Chemie. Ule, Dr., a. o. Professor der Geographie mit den Studierenden der Geographie. Verkehrsverein, Mitglieder des Verkehrsvereins Warnemünde. Weber, Dr., a. o. Professor. Weberbauer, Hauptmann mit den Feldwebeln der Kaiserfüsiliere. De Weltevreden vom Koninkligk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium in Batavia. Wiegandt, Fritz, cand. phil. Wienandt, Hauptschriftleiter der Rostocker Zeitung. Will, Dr., a. o. Professor, mit 50 Mitgliedern der Naturforschenden Gesellschaft. Willebrandt, Postdirektor. Wolff, Bruno, Dr. Zahm, A. F., Dr., Professor, Washington U. S. A.

Lage und Gebäude.

Die Rostocker Luftwarte liegt 4,5 km westlich von Rostock und 11,5 km südlich von der Ostsee; ihre genauen Koordinaten sind $\varphi = 54^0\ 4{,}5'$ B. und $\lambda = 12^0\ 4{,}7'$ L. E. von G. Sie liegt auf der höchsten Erhebung in der Nähe Rostocks, die beim Windenhäuschen bis zu 48 m über der Ostsee ansteigt. Die Rostocker Luftwarte verfügt über eine Bodenfläche von etwa 250 Ar, die von der Stadt Rostock in liebenswürdigem Entgegenkommen zur Verfügung gestellt wurde. Ausserdem hat die Militärverwaltung für die Drachenaufstiege das Betreten des angrenzenden Exerzierplatzes gestattet, so dass genügend Auslauf nach Osten und Süden zur

Verfügung steht. Im Norden liegt die Luftwarte der Rostock—Wismarer Eisenbahn an, hinter der sich das Barnsdorfer Holz erstreckt, das Windenhäuschen ist aber fast 200 m davon entfernt, so dass die Aufstiege auch bei Südwind kaum behindert sind; nur im Westen stört die Hochspannungsleitung der Ueberlandzentrale, die sich bis auf 80 m dem Windenhäuschen nähert; da diese aber auf 2 km gegen Kurzschluss durch auffallende Drachendrähte mittels übergespannter gut geerdeter dicker Kupferdrähte gesichert ist, ausserdem die reinen Ostwinde selten sind, ist die Behinderung nicht allzu gross.

Eine anschauliche Darstellung der einzelnen Gebäude gibt die als Titelbild vorausgeschickte Gesamtansicht der Luftwarte.

Der der Eisenbahn benachbarte Teil des Geländes ist in der Grösse von 5000 qm eingezäunt, dort befinden sich das Stationsgebäude, die Drachen- und Ballonhalle, die luftelektrischen Messungen dienende Anlage und die Thermometerhütte; das Windenhäuschen liegt auf freiem Platz, 80 m südlich von der Ballonhalle.

Das einstöckige auf der beigegebenen Tafel dargestellte Stationsgebäude mit 5,58 qm Bodenfläche enthält einen grösseren Raum für den Aufenthalt der Beobachter, eine Werkstätte für den Bau und die Reparatur der Flugdrachen, eine Geräte- und Dunkelkammer und darüber einen über 2,5 m hohen geräumigen Boden; im Osten ist eine auf der Südseite verglaste Veranda vorgebaut. Das Häuschen ist auf einem Betonsockel aus Holz mit doppelten Wänden in der Weise gebaut, dass Aussen- und Innenwand durch eine Lage von Torfmull getrennt sind. Diese Bauweise hat sich sehr bewährt, indem trotz der dem Wind ausgesetzten Lage die Räumlichkeiten mit geringem Aufwand von Brennmaterial leicht sich warm erhalten lassen. Das Dach ist ebenso wie bei allen anderen Gebäuden mit Ruberoid gedeckt, dessen rote Farbe viel dazu beiträgt, dem Ganzen ein freundliches Aussehen zu geben.

Die Ballonhalle, siehe Tafel, südöstlich vom Stationsgebäude gelegen, hat eine Grundfläche von 6 × 9 qm und eine Höhe von 7 m, sie ist ebenfalls aus Holz auf Betonsockel errichtet, besitzt aber keine isolierten Zwischenwände. Sie ist geräumig genug um neben dem gefüllten Fesselballon noch etwa ein Dutzend fertig montierter Flugdrachen aufzunehmen. Nach Süden ist sie durch ein grosses Flügeltor verschliessbar, das die ganze Südseite einnimmt, und geöffnet das leichte Herausbringen des Fesselballons ermöglicht, es wird durch dreifache, besonders starke Verriegelung mit Hilfe

kräftiger Querbalken gehalten, die sich auch bei den heftigsten Stürmen ausgezeichnet bewährte. An die Ballonhalle wurde im letzten Sommer noch ein kleiner Anbau angebaut, der zur Aufbewahrung der Heizvorräte, Geräte und dergleichen dient. Stationsgebäude, Ballonhalle und Windenhäuschen sind gegen Blitzschlag gesichert; die Blitzableiter sind mit dem 30 m tiefen Brunnen, der nördlich von der Ballonhalle angelegt ist, durch starke Kupferdrähte leitend verbunden.

An der Nordostecke des eingezäunten Raumes, aber 20 m von der Bahn und 27 m von der Ballonhalle entfernt, befindet sich die luftelektrische Hütte, siehe Tafel, ihre Grundfläche ist 3 × 3,25 qm, ihre Höhe 3,25 m; sie ist wie das Stationsgebäude auf einem Betonsockel mit doppelten, durch eine Torfmullschicht getrennten Holzwänden errichtet. Der Zugang findet durch eine Doppeltüre statt, so dass man, wenn photographisch registriert wird, doch jederzeit eintreten kann, ohne durch Belichtung eine Störung hervorzubringen. Die luftelektrische Hütte ist als „Faradayscher Käfig“ eingerichtet, d. h. Wände und Decke sind mit einem kupfernen Drahtnetz überzogen, das gut geerdet ist. So wird erreicht, dass im Innern immer das Erdpotential herrscht und dass die Schwankungen des luftelektrischen Potentials dort keinen Einfluss ausüben. Als dringend nötig erwies es sich für die gute Isolation der aufgestellten Apparate die luftelektrische Hütte an feuchten, kalten Tagen zu heizen; da ein Ofen sich nicht anbringen liess, geschieht die Heizung auf elektrischem Weg durch einen 1 K. W.-Heizofen. Nach Süden zu erstreckt sich bis 10 m weit von der luftelektrischen Hütte die äussere Anlage für die Messung der luftelektrischen Leitfähigkeit, die später noch beschrieben werden soll.

Schliesslich findet sich in dem umzäunten Teil noch die Thermometerhütte, südlich der Ballonhalle, als „englische“ Hütte gebaut, in der ein trockenes Thermometer und ein Aspirationspsychrometer aufgestellt sind.

Auf dem höchsten Teil des Geländes, ausserhalb der Umzäunung und 90 m südlich von der Ballonhalle entfernt, liegt das Windenhäuschen, siehe Tafel. Es steht auf einem 1 m hohen runden Betonsockel, trägt unten Räder und bewegt sich auf Schienen, die in den Sockel eingemauert sind; in der Mitte gibt eine hohle eiserne Röhre als Drehungsaxe dem Ganzen Festigkeit. Die Grössenverhältnisse des Windenhäuschens sind 2,75 × 2,75 qm

Grundfläche und 3,10 m Höhe, es ist aus Holz ohne Zwischenwände errichtet.

Maschinen und Instrumente.

Als wichtigste maschinelle Einrichtung der Luftwarte muss die zuerst genannt werden, die zum Auslassen bezw. Einholen der Flugdrachen und des Fesselballons benutzt wird. Den Antrieb liefert ein 5 PS. Drehstrommotor der Siemens-Schuckertwerke, der bei 380 Volt Spannung 1440 Umdrehungen in der Minute macht; die elektrische Kraft gibt die Ueberlandzentrale Rostock-Bramow, deren Leitung von 15000 Volt Spannung in der Nähe unseres Geländes vorbeigeführt ist; durch einen Transformator wird die Hochspannung auf 380 Volt erniedrigt und unterirdisch der Schalttafel im Stationsgebäude und von da dem Windenhäuschen zugeführt; sie tritt dort durch die hohle Drehungsaxe, an der Schleifringe angebracht sind, ein und gibt Anschluss für den Motor. Der Motor trägt eine dreistufige Riemenscheibe, von der aus die Kraft nach der Windentrommel übergeleitet wird, auch hier ist eine dreistufige Scheibe angebracht und es ergeben sich so drei Uebersetzungen 10 : 50, 17 : 43, 24 : 36; ausserdem gestattet ein Regulierwiderstand und eine Handbremse eine weitere Veränderung der Umdrehungsgeschwindigkeit; auch ist eine Abstellvorrichtung angebracht, die die Winde sofort anzuhalten ermöglicht. Die aus Gussstahl gefertigte Trommel hat einen Durchmesser von 41 cm, sie vermag 15 km Draht zu fassen, wenn auch für gewöhnlich nur 6 km aufgewickelt sind. Der Draht läuft von der Trommel zunächst über ein Rad, das hebelartig an einer Federwage und dem Windengestell festgehalten wird, diese Vorrichtung dient dazu, um mit Hilfe eines Zeigers jederzeit den Zug anzugeben, den der Flugdrachen auf die Winde ausübt. Ein Zählwerk gestattet ferner abzulesen, wieviel Draht abgelaufen ist; unter Zuhilfenahme eines Höhenquadranten lässt sich so durch Messung des Höhenwinkels jederzeit angenähert die Höhe des Flugdrachens feststellen. Die Windeneinrichtung ist von der Firma J. Schmarje in Hamburg geliefert, sie schliesst sich ganz an die auf der Drachenstation der Deutschen Seewarte benutzte an. Die Höchstgeschwindigkeit, mit der der Drachendraht eingeholt werden kann, beträgt 5 m in der Sekunde, die drei Uebersetzungen des Regulierwiderstandes und die Handbremse

erlauben aber eine beliebige Verminderung. Leider hat sich die Drachenwinde nicht allzugut bewährt, einerseits wäre die Bremsvorrichtung sehr verbesserungsbedürftig, andererseits hat sich aber namentlich die Trommel — nach einem Betriebsjahr! — schon sehr stark deformiert. Als Haltedraht für die Flugdrachen wird Stahldraht von 0,7 mm Durchmesser benutzt bis zu 1,5 km Länge, von da an solcher von 0,8 mm Durchmesser, für sehr grosse Höhen kann noch Draht von 0,9 mm Durchmesser angeschlossen werden; einstweilen ist er noch keinmal zur Verwendung gekommen, da bereits der 0,8 mm Draht einen Zug von 100 kg auszuhalten vermag.

An die 380 Volt-Leitung ist ferner noch ein kleiner $^1/_4$ PS.-Motor angeschlossen, der in der Werkstatt aufgestellt ist, er ist mit einer kleinen Gleichstromdynamomaschine von 65 Volt und 1,55 Ampère Leistung zusammengekuppelt, die zum Laden der Akkumulatoren dient. Mit leerlaufender Dynanomaschine wird der Motor auch zum Betrieb einer kleinen Drehbank Verwendung finden können.

Unter den Instrumenten nehmen den ersten Platz die Flugdrachen ein; hierbei hat die Drachenstation der Deutschen Seewarte uns in der Wahl des Modelles in entgenkommender Weise beraten und sogar die ersten 10 Drachen in ihrer Werkstatt anfertigen lassen. Diese, wie sie auch von der Seewarte benutzt werden, sind von diamantförmiger Gestalt; es werden zwei verschiedene Sorten verwendet, geflügelte und ungeflügelte. Die geflügelten Drachen — ein solcher ist auf der Tafel bei der Ballonhalle zu sehen — haben bei 2 m Höhe eine Tragfläche von 6,9 qm, ein Gewicht von 4 kg; von ihren Vorzügen ist namentlich die von Köppen angebrachte Verbesserung zu nennen: Zwischen dem Stahldraht, in dessen Oese der Haltedraht eingehakt wird, und der unten am Drachen angebrachten Befestigung ist ein Stück dicker Gummischnur eingelegt. Durch den Winddruck wird die Gummischnur gedehnt und der Drachen stellt sich mehr und mehr horizontal ein, je grösser die Stärke des Windes ist. Aehnliche Gummischnüre halten vorn die Flügel, durch ihre Dehnung können sich die Flügel bei starkem Winde nach hinten zurücklegen. Die geflügelten Drachen finden Verwendung, wenn die Windgeschwindigkeit an der Erdoberfläche zwischen 4,5 und 10 m i. d. s. liegt, doch vermögen sie in der Höhe auch stärkere Winde auszuhalten. Bei Winden, deren Geschwindigkeit am Erdboden bereits 10 m i. d. s.

überschreitet, kommen die ungeflügelten Drachen zur Verwendung, — einen solchen zeigt die Abbildung des Windenhäuschens — sie unterscheiden sich von den geflügelten nur durch das Fehlen der Flügel, haben eine Tragfläche von 4,9 qm, und ein Gewicht von 3,5 kg, sonst sind sie genau wie die geflügelten gebaut. Weitere Einzelheiten über die Drachen, die Abwurfvorrichtungen, Splissungen usw. siehe in: Die Drachenstation in Gross-Borstel bei Hamburg, Illustrierte Aeronautische Mitteilungen, Jahrgang 1909, S. 1065.

Bei Windstille oder sehr schwachen Winden bis zu 2 m i. d. s. wird statt der Flugdrachen der Fesselballon, vgl. Titelbild, benutzt. Dieser, von der Firma Riedinger in Augsburg bezogen, hat einen Rauminhalt von 32 cbm, er wiegt leer 12 kg und hat mit Wasserstoffgas gefüllt einen Auftrieb von 22 kg. Der Fesselballon kommt wenig zur Verwendung, denn hier an der Küste sind die windstillen Tage selten; da ausserdem der Wasserstoff in Stahlbomben von Bitterfeld bezogen werden muss, kostet die Füllung jedesmal rund 40 Mark, sie hält sich aber selbst in der Ballonhalle nur 3—4 Tage und so ist die Benutzung des Fesselballons die kostspieligste Methode.

Zwischen 2 und 4,5 m Windgeschwindigkeit und über 15 m können weder Fesselballon noch Flugdrachen zur Verwendung kommen. Um die Beobachtungen nicht ganz ausfallen zu lassen, werden zu solchen Zeiten Pilotballonaufstiege gemacht, die wenigstens ermöglichen, die Windgeschwindigkeit und Windrichtung auch in grösster Höhe messen zu können. Es werden hierzu kleine, gefärbte Gummiballons von 30 g Leergewicht benutzt, die mit etwa 100 Liter Wasserstoffgas so gefüllt werden, dass ihr Auftrieb 83 g beträgt; aus dem Auftrieb und der Zeitdauer des Aufsteigens lässt sich sehr angenähert die Höhe berechnen, die der Pilotballon nach einer, zwei, drei usw. Minuten nach dem Auflassen erreicht. Es wird mit einem Theodolith genau nach jeder vollen Minute Azimut und Höhenwinkel bestimmt, hieraus und aus der Steighöhe lässt sich der Ort im Raume, wo sich der Ballon befindet, bestimmen und weiterhin die zugehörige Windgeschwindigkeit und Windrichtung berechnen. S. Exzellenz Graf Zeppelin hat für diese Methode der Luftwarte zwei vorzügliche de Quervainsche Theodolithen zum Geschenk gemacht; die Tafel zeigt die Vorbereitungen zu einer solchen Pilotballonmessung.

Als Messinstrument bei den Drachenaufstiegen wird ein Meteorograph von Konstantin Schneider in Hamburg benutzt,

derselbe Apparat, den auch die Drachenstation der Deutschen Seewarte verwendet. Er verzeichnet vier meteorologische Elemente, Luftdruck, Temperatur, relative Feuchtigkeit und Windgeschwindigkeit; durch vier mit Tinte gefüllte Schreibfedern werden sie in Form von Kurven auf eine Trommel aufgezeichnet, auf der Koordinaten-Papier befestigt ist, und die sich in 2 bezw. 4 Stunden einmal um ihre Achse dreht. Den Apparat veranschaulicht die beigegebene Tafel. Die oberste Feder zeichnet die Anemometerkurve, sie ist durch einen Exzenter mit einem Flügelrad verbunden, und bewegt sich nach oben oder unten mit geringem Ausschlag, wenn das Flügelrad eine bestimmte Anzahl Umdrehungen macht; aus der Anzahl der Zacken, die so zwischen zwei Zeitkoordinaten entstehen, lässt sich die Windgeschwindigkeit berechnen. Die zweite Feder zeichnet die Temperaturkurve, sie ist mit einem Thermometer aus gebogenem Silberblech verbunden, das seine Ausdehnung oder Zusammenziehung durch einen Hebel überträgt. Man erhält so zunächst nur Temperaturdifferenzen, indem man aber den Apparat 5 Minuten in die Thermometerhütte stellt und die Kurve des Silberthermometers mit der Ablesung des dort aufgestellten Normalthermometers vergleicht, lassen sich absolute Werte angeben. Die dritte Feder ist durch einen Hebel mit einem Aneroidbarometer verbunden, sie schreibt die Luftdruckkurve, aus ihr lässt sich unter Berücksichtigung der mittleren Temperatur und eventuell der Luftfeuchtigkeit die Höhe bestimmen. Die relative Feuchtigkeit wird von der untersten Feder aufgezeichnet, die mit einem Haarhygrometer verbunden ist; dieses Instrument hinkt den anderen ein wenig nach, es gelten deshalb für die relative Feuchtigkeit andere Zeitkoordinaten, die um 6,7 Minuten gegen die übrigen verschoben sind. Die Meteorographen werden beim Gebrauch in den Drachen in ein Aluminiumkästchen eingeschoben, das den schornsteinartigen Teil, in dem Anemometer, Thermometer und Hygrometer sich befinden, freilässt; so wiegt der gesamte Apparat $1/2$ kg. Im Drachen wird er auf einer im Innern befindlichen Querleiste durch zwei starke Knebel und zwei Gummischnüre befestigt.

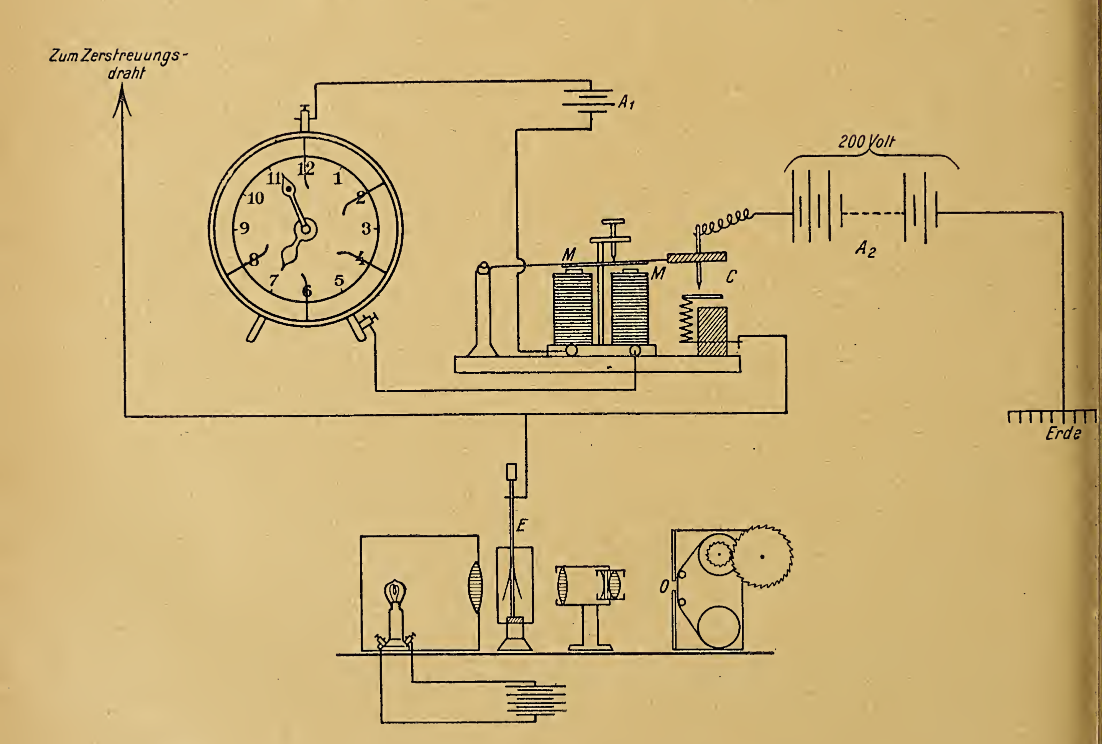
Bei Benutzung des Fesselballons kommt ein ganz ähnlich konstruierter Meteorograph zur Verwendung, aber ohne Anemometer, da die Aufzeichnung der Windgeschwindigkeit hier von untergeordnetem Werte ist.

Um von vornherein ersehen zu können, für welche Methode des Aufstieges die Windverhältnisse am günstigsten sind, ist auf

dem Dache der Ballonhalle, 10 m über dem Erdboden eine Fuess'sches Schalenkreuzanemometer von regen- und sturmsicherer Bauart aufgestellt, das nach je 500 m Windweg einen elektrischen Kontakt schliesst; hierdurch wird elektromagnetisch eine Schreibfeder angezogen, und diese macht auf einer Trommel, die mit Koordinatenpapier belegt ist und in 1 Stunde sich einmal um ihre Achse dreht, einen vertikalen Strich. Dieser „Chronograph“ steht im Stationsgebäude und lässt jederzeit die Windgeschwindigkeit ablesen.

Die Anlage zur Registrierung der Luftelektrizität ist mit besonderer Sorgfalt eingerichtet worden, da ja in der Nähe der Ostsee bisher eine Station für Dauerbetrieb nicht vorhanden war. Indessen war die Registrieranlage zuerst nur als Hilfsmittel gedacht, um zur Vergleichung dienen zu können, wenn in der Höhe der Atmosphäre oder auf der See luftelektrische Messungen gemacht werden. Neuerdings haben wir uns jedoch entschlossen, den Dauerbetrieb einzuführen, wenigstens soweit nicht die Ungunst der Witterung jede luftelektrische Messung illusorisch macht. Wir haben uns einstweilen auf die Registrierung und Messung zweier luftelektrischen Elemente beschränkt, der des luftelektrischen Potentials und der luftelektrischen Leitfähigkeit. Als Registrierinstrument für den Gang des luftelektrischen Potentials dient ein Benndorfsches selbstregistrierendes Quadrantelektrometer, das in der luftelektrischen Hütte aufgestellt ist. Da dies Instrument sehr viel benutzt wird, kann es als bekannt vorausgesetzt und von einer näheren Beschreibung hier abgesehen werden, eingehend ist der Apparat in Mache und Schweidler, Die atmosphärische Elektrizität, beschrieben. Als Kollektoren haben wir die verschiedensten versucht, sowohl Tropfkollektor, wie Flammenkollektoren und radioaktive. Schliesslich sind wir, ihrer bequemen Anwendung wegen, bei den letzteren geblieben, hierbei musste indessen, um eine Störung der luftelektrischen Leitfähigkeit zu vermeiden, der radioaktive Kollektor möglichst weit von der zu diesem Zweck dienenden äusseren Anlage entfernt aufgestellt werden. Versuche zeigten, dass wenn auch der Wind unmittelbar vom Kollektor her wehte, bei einem Abstand von 6 – 7 m keine Beeinflussung mehr zu bemerken war. Allerdings kam der Kollektor so bis auf 15 m Nähe an die Rostock-Wismarer Eisenbahn zu stehen, die durch die Züge hervorgerufene Störung zeigte sich aber geringer als wir zuerst befürchteten. Denn da das Vorüber-

fahren des Eisenbahnzuges knapp eine halbe Minute in Anspruch nimmt, zeigt zwar die Kurve dort eine Zacke, sie kehrt aber sehr schnell wieder auf den normalen Stand zurück, so dass beim Auswerten der Kurve diese Unregelmässigkeit einfach nicht berücksichtigt wurde. Der Kollektor ist in 1,5 m Höhe über der Erde in der Weise angebracht, dass er durch Bernstein isoliert zwischen zwei 2 m hohen Hartgummistangen aufgehängt ist. Die Zuleitung zum Elektrometer ist möglichst in gleicher Höhe (1,5 m) über dem Erdboden geführt und wird ebenfalls durch Bernstein isoliert gehalten. Die Durchführung durch die Wand der luftelektrischen Hütte geschieht durch ein grosses Stück Bernstein, das in Hartgummi eingebettet und an beiden Seiten geriefelt ist, es wird aussen von einem vorn durchbohrten Kasten umgeben in den ein Trockenmittel eingebracht werden kann. Durch zahlreiche Kontrollversuche mit Flammen- und Spritzkollektoren wurde eine Prüfung der Anlage vorgenommen, es erwiess sich, dass durch die lange Drahtleitung keine Störung hervorgebracht wird; der Reduktionsfaktor auf die freie Ebene ist gering.



Für die Registrierung der luftelektrischen Leitfähigkeit ist die äussere Anlage die entsprechende, wie sie auch auf anderen Stationen, z. B. im meteorologischen Observatorium zu Potsdam oder im geophysikalischen Institut zu Göttingen benutzt wird: Ein 10 m langer, 1 mm starker, geschwärzter Kupferdraht, der an beiden Enden in geriefeltem Bernstein gehalten wird und den ein gut geerdeter Zylinder aus Drahtnetz in $^1/_2$ m Abstand umgibt. Die Durchführung durch die Wand der luftelektrischen Hütte erfolgt in der gleichen Weise wie bei der Potentialmessung. Für die innere Einrichtung haben wir eine einfache Registriervorrichtung selbst konstruiert, sie ist in der „Physikalischen Zeitschrift 14, S. 906 - 908, 1913“ bereits veröffentlicht und wird durch die beistehende Abbildung veranschaulicht. Es möge das Wichtigste aus der genannten Abhandlung hier zitiert werden: Ein Exner'sches Elektroskop E steht in der Bildebene eines kleinen Projektionsapparates, der ein scharfes Bild der beiden Blättchenspitzen auf einen schmalen Spalt wirft, hinter dem ein Uhrwerk photographisches Papier vorbeibewegt, und zwar im Mittel mit einer Geschwindigkeit von 1 cm 10 min., während die Beleuchtung durch eine 4kerzige Metallfadenlampe geschieht; durch Anlegung konstanter Spannungen wurde der Apparat geeicht. Zur Registrierung wird der Mantel des Elektroskops und der Projektionsapparat gut geerdet, der Träger der Aluminiumblättchen mit dem Zerstreuungsdraht leitend verbunden; dieser wird durch eine Akkumulatorenbatterie, A 2, und zwar mit Hilfe eines Stromschlüssels und einer Uhr von Zeit zu Zeit auf 200 Volt aufgeladen, indem die Uhr durch Platinkontakte einen Nebenstromkreis alle 10 Minuten schliesst, dabei eine Anziehung des Ankers M bewirkt und so den einen Pol der Akkumulatorenbatterie mit dem Zerstreuungsdraht verbindet, während der andere geerdet ist. Zur Isolation konnte auch hier nur Bernstein Verwendung finden, flüssige Kontakte sind vermieden und durch federnde Gold- oder Platinblättchen ersetzt. Der Apparat hat sich sehr gut bewährt und dürfte wegen der geringen Kapazität des Elektrometers und der inneren Drahtleitung zu diesem Zweck dem Benndorf'schen Quadrantelektrometer vorzuziehen sein.

Weiterhin verfügt die Luftwarte noch über ein reiches Instrumentarium von luftelektrischen Messapparaten, z. B. einen Gerdien'schen Apparat zur Messung der luftelektrischen Leitfähigkeit, eine Reihe von Elektrometern und Kollektoren u. a.

mehr; diese Apparate finden zu Spezialuntersuchungen Verwendung.

Beobachtungen.

Im folgenden finden sich unsere Beobachtungen im Jahre 1913 zusammengestellt, und zwar als erste die Drachenaufstiege. Die Kurven des Meteorographen wurden nach der Methode der Deutschen Seewarte (vgl. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1906, S. 107) ausgewertet, es wurde zuerst in Abstufungen von etwa 500 m und für das Maximum der Höhenwert der Barometerkurve angenähert festgestellt, dann wurde die Korrektion für die mittlere Temperatur der Luftsäule und ihre relative Feuchtigkeit angebracht und nun die zusammengehörigen Werte der verschiedenen meteorologischen Elemente in die Tabelle eingetragen. Auffällige Erscheinungen sind in der letzten Zeile besonders vermerkt.

Weiterhin sind die Pilotballonmessungen und eine kurze Uebersicht der beobachteten Windstärken angegeben.

Die luftelektrischen Registrierungen sind hier nicht aufgeführt, da sie an anderer Stelle zusammen mit luftelektrischen Messungen über der Ostsee veröffentlicht werden sollen.

Uebersicht sämtlicher Aufstiege.

Datum	Seite	Dauer des Aufstieges		Maximal-Höhe	Datum	Seite	Dauer des Aufstieges		Maximal-Höhe
		von	bis	m			von	bis	m
10. Januar ..	22	10^{30} a	11^{33} a	1150	21. April	33	9^{46} a	11^{38} a	1450
13. „ ..	„	11^{1} a	12^{4} p	1130	28. „	„	9^{46} a	11^{15} a	2320
17. „ ..	„	10^{10} a	10^{56} a	770	8. Mai	„	9^{25} a	11^{9} a	1970
20. „ ..	23	11^{53} a	12^{47} p	960	8. „	34	1^{0} p	2^{10} p	1980
21. „ ..	„	10^{32} a	11^{35} a	1270	9. „	„	10^{14} a	11^{42} a	1980
25. „ ..	„	10^{42} a	11^{42} a	1390	10. „	„	11^{19} a	12^{34} p	1570
27. „ ..	„	8^{12} a	8^{53} a	1100	14. „	35	11^{20} a	11^{48}	900
29. „ ..	24	11^{59} a	12^{48} p	960	24. „	„	8^{51} a	10^{9} a	1550
30. „ ..	„	10^{12} a	11^{13} a	1020	5. Juni	„	9^{41} a	11^{12} a	2200
1. Februar .	„	3^{11} p	3^{53} p	920	27. „	36	10^{59} a	11^{47} a	1380
3. „ .	„	11^{31} a	12^{25} p	1190	2. Juli	„	11^{47} a	12^{46} p	1420
5. „ .	25	11^{11} a	12^{3} p	1320	3. „	„	1^{3} p	1^{35} p	400*
6. „ .	„	11^{6} a	12^{17} p	1430	5. „	37	12^{3} p	12^{50} p	1520
8. „ .	„	10^{50} a	11^{27} a	500*	6. August ..	„	8^{19} a	9^{35} a	1330
10. „ .	„	10^{57} a	12^{9} p	1110	6. „ ..	„	12^{32} p	1^{51} p	1480
11. „ .	26	10^{57} a	11^{16} a	500*	7. „ ..	38	8^{16} a	9^{55} a	2200
17. „ .	„	10^{23} a	11^{43} a	790	7. „ ..	„	12^{30} p	2^{10} p	2460
18. „ .	„	10^{6} a	11^{30} a	1320	8. „ ..	„	8^{19} a	9^{53} a	2490
21. „ .	27	9^{59} a	11^{33} a	1660	8. „ ..	39	12^{20} p	1^{52} p	2310
22. „ .	„	9^{44} a	11^{25} a	2130	14. „ ..	„	10^{50} a	12^{23} p	1770
24. „ .	„	9^{38} a	11^{11} a	1820	15. „ ..	„	10^{34} a	1^{18} p	2000
28. „ .	28	9^{25} a	10^{52} a	1860	20. „ ..	40	9^{30} a	11^{19} a	1740
1. März	„	10^{7} a	11^{3} a	630*	22. „ ..	„	10^{6} a	11^{55} a	2490
3. „	„	10^{2} a	11^{33} a	1650	30. „ ..	„	10^{1} a	11^{49} a	2240
4. „	29	9^{38} a	11^{5} a	1760	4. September	41	9^{12} a	10^{30} a	1840
6. „	„	11^{7} a	12^{29} a	1280	2. Oktober .	„	8^{30} a	10^{36} a	1670
8. „	„	10^{46} a	11^{57} a	900	2. „ .	„	12^{22} a	1^{30} p	1260
11. „	30	10^{10} a	11^{40} a	1400	6. November	42	12^{42} p	1^{48} p	1940
13. „ ...	„	9^{38} a	11^{5} a	600*	11. „	„	9^{54} a	11^{23} a	1510
14. „	„	9^{36} a	11^{3} a	1670	15. „	„	11^{37} a	12^{25} p	1350
19. „	31	9^{36} a	10^{59} a	1790	17. „	43	11^{37} a	12^{33} p	780
22. „	„	11^{2} a	12^{6} p	1220	18. „	„	9^{44} a	11^{11} a	1850
27. „	„	4^{2} p	5^{14} p	1590	24. „	„	10^{30} a	12^{20} p	1930
28. „	32	10^{58} a	12^{12} p	1880	4. Dezember	44	8^{25} a	8^{40} a	740
2. April	„	10^{16} a	10^{56} a	680	4. „	„	11^{46} a	12^{24} p	720
18. „	„	9^{52} a	11^{46} a	ca. 2820	12. „	„	11^{24} a	12^{59} p	1980

*) Aufstieg vorzeitig abgebrochen.

Uebersicht der Ergebnisse.

1913	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Anzahl Aufstiege	9	13	12	4	6	2	3	11	1	2	6	3	72
Mittlere Höhe . .	1080	1270	1360	1820	1660	1790	1110	2050	1840	1460	1560	1150	1480
Maximal-Höhe .	1390	2130	1880	2820	1980	2200	1520	2490	1840	1670	1940	1980	2820
Anzahl Abreisser	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2

10. Januar. 1 Drache (5 m²). 1900 m Draht.
10^{30}—$11^{30\,h}$ a. Bar: 770.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{30}	48	+ 0.2	78	SE. 6	Wolken bei 700 m.
42	500	— 3.7	80	SE. 8	
52	1000	— 7.1	84	SE. 10	
58	1150	— 8.2	100	SE. 10	

13. Januar. 1 Drache (7 m²). 1900 m Draht.
11—12ʰ a. Bar: 761.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 1	48	— 3.3	81	SE. 7	
10	500	— 8.0	85	SE. 8	
20	1000	— 12.8	90	SE. 9	
32	1125	— 14.0	94	SE. 9	

17. Januar. 1 Drache (7 m²). 1300 m Draht.
10—11ʰ a. Bar: 751.2 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{10}	48	— 3.2	84	SE. 7	Temperatur-Umkehr von — 5.6⁰ auf — 0.1⁰ zwischen 360 und 720 m.
16	360	— 5.6	91	SE. 8	
18	500	— 1.9	88	SE. 8	
33	720	+ 0.1	79	SE. 8	
41	770	— 0.2	79	SE. 8	

20. Januar. 1 Drache (7 m²). 2000 m Draht.
$11^3/_4$—$12^3/_4$ ʰ a. Bar: 753.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 50	48	+ 1.0	94	E. 6	Temperatur-Inversion von + 0.8⁰ auf + 2.0⁰ zwischen 230 und 310 m.
56	230	+ 0.8	93	E. 8	
58	310	+ 2.0	86	E. 8	
12 1	500	+ 1.0	89	E. 7	
32	960	— 2.5	94	E. 7	

21. Januar. 1 Drache (7 m²). 1950 m Draht.
$10^1/_2$—$11^1/_2$ ʰ a. Bar: 744.8 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 25	48	+ 0.5	96	E. 8	500 m: Wolken.
37	350	— 0.1	97	E. 9	Temperatur-Inversion von — 0.1⁰ auf + 1.0⁰ zwischen 360 und 630 m.
40	500	+ 0.5	94	ESE. 10	
42	630	+ 1.0	92	SE. 10	
50	1000	— 1.3	98	SE. 11	
11 9	1270	— 2.9	98	SE. 12	

25. Januar. 1 Drache (7 m²). 1950 m Draht.
$10^3/_4$—$11^3/_4$ ʰ a. Bar: 746.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 35	48	+ 4.2	100	SW. 4	
45	500	+ 3.2	97	SW. 12	
53	1000	+ 0.7	100	SW. 12	
11 1	1390	— 1.5	100	SW. 13	

27. Januar. 1 Drache (5 m²). 1800 m Draht.
8—9 ʰ a. Bar: 762.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8 5	48	+ 1.8	79	WNW. 7	
20	500	— 1.0	78	WNW. 14	
30	1000	— 5.0	86	WNW. 15	
37	1100	— 5.9	87	WNW. 15	

29. Januar. 1 Drache (5 m²). 1500 m Draht.
12—12¾ h p. Bar: 771.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 54	48	— 4.1	80	ESE. 8	
12 11	500	— 8.5	84	ESE. 11	
33	960	— 12.2	92	SE. 12	

30. Januar. 1 Drache (5 m²). 1800 m Draht.
10—11 h a. Bar: 767.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 6	48	— 9.7	87	SE. 9	Temperatur-Inversion von
14	130	— 10.8	89	SE. 10	— 10.8⁰ auf + 0.4⁰
18	500	— 2.2	72	SE. 14	zwischen 130 u. 920 m
19	570	— 2.0	70	SE. 14	mit grosser Temp.-Ab-
22	730	— 1.7	65	SE. 15	nahme zwischen 130
28	920	+ 0.4	57	SE. 16	und 570 m von — 10.8⁰
41	1000	— 1.1	52	SE. 16	auf — 2.0⁰.
43	1020	— 1.3	50	SE. 16	

1. Februar. 1 Drache (7 m²). 1500 m Draht.
3—4 h p. Bar: 753.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
3 5	48	+ 3.0	79	SW. 5	
20	500	— 1.4	84	SW. 11	
30	920	— 4.3	80	SW. 13	

3. Februar. 1 Drache (7 m²). 1800 m Draht.
11½—12½ h a. Bar: 754.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 26	48	+ 2.6	90	W. 7	
43	500	+ 1.2	89	W. 10	
58	1000	— 2.0	86	W. 11	
12 8	1190	— 3.6	85	W. 12	

5. Februar. 1 Drache (7 m²). 2050 m Draht.
11—12ʰ a. Bar: 762.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 6	48	+ 5.5	100	WSW. 5	Temperatur-Inversion von
20	500	+ 3.8	100	WSW. 10	+ 3.8⁰ auf + 4.7⁰
24	750	+ 4.7	77	WSW. 11	zwischen 500 und
32	1000	+ 3.5	95	SW. 11	750 m.
44	1320	+ 1.0	100	SW. 12	Nebel.

6. Februar. 1 Drache (7 m²). 2150 m Draht.
11—12¼ʰ a. Bar: 757.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 0	48	+ 4.9	88	WSW. 7	Isothermie zwischen 500 u.
14	500	+ 2.6	93	WSW. 13	610 m : + 2.6⁰. Beim
16	610	+ 2.6	90	WSW. 13	Abstieg in derselben
24	1000	— 0.5	90	WSW. 13	Schicht Temp.-Invers.
39	1425	— 4.0	93	WSW. 13	von + 2.3⁰ auf + 2.8⁰.

8. Februar. 1 Drache (5 m²). 1900 m Draht.
10¾—11¾ʰ a. Bar: 757.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 46	48	+ 8.0	78	SW. 9	Wolken bei 980 m.
56	500	+ 5.3	82	SW. 22	Drache gerät in Unordnung,
					wird eingeholt.

10. Februar. 1 Drache (7 m²). 1800 m Draht.
10¾—12¼ʰ a. Bar: 772.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 48	48	+ 2.6	95	W. 5	Nebel 570 m.
11 0	100	+ 2.1	95	W. 6	Temperatur-Inversion von
6	250	+ 3.7	80	W. 8	+ 2.1⁰ auf + 3.7⁰
16	500	+ 2.1	74	WSW. 8	zwischen 100 u. 250 m.
40	1000	— 0.3	71	WSW. 8	
53	1110	— 1.4	68	WSW. 9	

11. Februar. 1 Drache (7 m²). 950 m Draht.
$10^3/_4$—$11^3/_4$ h a. Bar: 773.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{48}	48	+ 1.3	100	NW. 5	Nebel.
^{59}	180	+ 0.5	98	NW. 6	Temperatur-Inversion von + 0.5⁰ auf + 3.9⁰ zwischen 180 u. 350 m.
$11\ ^{9}$	350	+ 3.9	80	NW. 6	Isothermie von 3.9⁰ beginnend bei 350 m bis 500 m und weiter.
^{32}	500	+ 3.9	70	NW. 6	Wegen schwachen Windes eingeholt.

17. Februar. 1 Drache (5 m²). 1300 m Draht.
$10^1/_4$—11^{45} h a. Bar: 767.3 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{17}	48	— 1.2	79	ENE. 8	Wolken: 600 m.
^{50}	500	— 5.8	88	NE. 10	
$11\ ^{7}$	790	— 8.1	87	NE. 9	

18. Februar. 2 Drachen (14 m²). 1680 m Draht.
10—$11^1/_2$ h a. Bar: 771.4 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
$10\ ^{2}$	48	— 3.2	61	E. 6	Temperatur-Inversion von — 6.3⁰ auf — 4.3⁰ zwischen 440 und 600 m.
^{30}	440	— 6.3	60	E. 8	
^{32}	500	— 5.7	54	E. 9	
^{36}	600	— 4.3	49	E. 9	
^{40}	850	— 4.3	42	E. 9	Isothermie mit geringen Schwankungen: — 4.3⁰ zwischen 600 und 850 m.
^{44}	1000	— 5.0	40	E. 9	
$11\ ^{0}$	1320	— 7.8	47	ENE. 10	

21. Februar. 2 Drachen (14 m²). 2800 m Draht.
10—11½ h a. Bar: 764.2 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{52}	48	+ 1.2	77	NNW. 8	Isothermie von — 5.7⁰
10^{10}	500	— 2.7	77	NNW. 8	zwischen 930 und
31	930	— 5.7	70	NNW. 9	1200 m.
32	1000	— 5.6	67	NNW. 9	Temp.-Inversion von — 5.7⁰
39	1200	— 5.7	61	NNW. 9	auf — 4.9⁰ zwischen
47	1400	— 4.9	53	NNW. 10	1200 und 1400 m.
49	1500	— 5.4	52	NNW. 10	Beim Abstieg:
11^{4}	**1600**	— 6.2	50	NW. 10	Isothermie von — 5.5⁰
9	1500	— 5.5	48	NW. 10	zwischen 1400 und
12	1400	— 5.5	48	NNW. 9	1500 m.
16	1075	— 7.1	58	NNW. 9	Temp.-Inversion von — 7.1⁰
					auf — 5.5⁰ zwischen
					1075 und 1400 m.

22. Februar. 2 Drachen (14 m²). 3000 m Draht.
9¾—11½ h a. Bar: 776.7 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{37}	48	+ 0.8	79	NW. 6	
10^{5}	500	— 4.5	79	NW. 9	
24	1000	— 7.5	80	NW. 11	
45	1500	— 8.5	76	NW. 10	
53	2000	— 12.0	81	NW. 13	
57	2130	— 12.9	84	NW. 16	

24. Februar. 2 Drachen (14 m²). 2800 m Draht.
9½—11¼ h a. Bar: 764.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{33}	48	+ 0.8	68	SW. 5	Isothermie von + 0.8⁰
40	120	+ 0.8	63	SW. 10	zwischen unten und
44	300	+ 5.3	48	SW. 10	120 m.
47	370	+ 5.3	46	SW. 9	Temp.-Inversion von + 0.8⁰
57	500	+ 4.3	41	SW. 7	auf + 5.3⁰ zwischen
10^{12}	1000	+ 1.4	40	WSW. 10	120 und 300 m.
32	1500	— 2.3	40	WSW. 10	Isothermie von + 5.3⁰
44	1820	— 3.9	40	WSW. 10	zwischen 300 u. 370 m.

28. Februar. 2 Drachen (14 m²). 3000 m Draht.
$9^{1}/_{4}$—$10^{3}/_{4}$ h a. Bar: 757.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{19}	48	+ 0.7	83	NNE. 5	Temp.-Inversion von — 6.0⁰ auf — 5.5⁰ zwischen 770 und 880 m.
^{36}	500	— 4.1	91	NNE. 8	
^{54}	770	— 6.0	87	NE. 10	
^{57}	880	— 5.5	75	NE. 10	
^{59}	1000	— 5.8	65	NE. 10	
10^{13}	1500	— 9.5	60	NE. 9	
^{31}	1860	— 13.2	73	NE. 9	

1. März. 2 Drachen (14 m²). 1200 m Draht.
10—11h a. Bar: 766.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{1}	48	0	64	NNW. 7	Wegen schwachen Windes eingeholt.
^{34}	500	— 5.0	72	NNW. 7	
^{50}	630	— 6.3	69	NNW. 7	

3. März. 2 Drachen (14 m²). 3000 m Draht.
10—$11^{1}/_{2}$h a. Bar: 760.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{57}	48	+ 3.2	93	SW. 7	Temp.-Inversion von + 0.6⁰ auf + 4.8⁰ zwischen 170 und 380 m.
10^{5}	170	+ 0.6	95	SW. 10	
^{9}	380	+ 4.8	76	SW. 11	
^{12}	500	+ 4.0	78	SW. 11	
^{22}	1000	+ 0.1	88	SW. 13	
^{37}	1500	— 2.7	86	WSW. 12	
^{44}	1650	— 4.0	70	WSW. 12	

4. März. 2 Drachen (10 m²). 3000 m Draht.
$9^1/_2$—11^h a Bar: 757.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{33}	48	+ 3.2	97	SW. 7	Temp.-Inversion von + 0.7⁰
46	500	+ 0.7	97	SSW. 14	auf + 2.0⁰ zwischen
48	575	+ 2.0	92	SSW. 14	500 und 575 m.
59	1000	— 0.8	85	SSW 15	Temp.-Inversion von — 5.0⁰
10 7	1500	— 4.5	88	SSW. 16	auf — 4.7⁰ zwischen
10	1640	— 5.0	85	SSW. 16	1640 und 1750 m.
14	1750	— 4.3	67	SSW. 16	
17	1760	— 4.7	67	SSW. 16	

6. März. 2 Drachen (14 m²). 2000 m Draht.
11—$12^1/_2{}^h$ a. Bar: 760.2 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 3	48	+ 10.0	74	WSW. 7	Wolken bei 650 m.
16	500	+ 5.6	77	WSW. 10	
27	1000	+ 2.0	77	WSW. 12	
32	1280	+ 0.4	75	WSW. 19	

8. März. 2 Drachen (14 m²). 2000 m Draht.
$10^3/_4$—12^h a. Bar: 758.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{40}	48	+ 3.5	79	NW. 5	Wegen schwachen Windes
11 1	500	— 1.3	77	NW. 7	eingeholt.
36	900	— 3.8	73	NW. 5	

11. März. 2 Drachen (14 m²). 2700 m Draht.
10—11¾ʰ a. Bar: 762.6 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 3	48	+ 3.5	89	SW. 5	Temp.-Inversion von + 3.1⁰
12	120	+ 3.1	89	WSW. 9	auf + 3.9⁰ zwischen
16	250	+ 3.9	83	WSW. 9	120 und 250 m.
23	500	+ 2.4	81	WSW. 8	
37	1000	— 1.0	84	WSW. 8	
11 9	1400	— 3.8	81	WSW. 9	

13. März. 2 Drachen (14 m²). 1170 m Draht.
9½—11ʰ a. Bar: 758.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9 34	48	+ 2.4	72	SSW. 5	Temp.-Inversion von + 2.0⁰
	110	+ 2.0	72	SSW. 8	auf + 5.3⁰ zwischen
	330	+ 5.3	68	SW 10	110 und 330 m.
	420	+ 5.3	69	SW. 10	Isothermie von + 5.3⁰
	500	+ 4.6	69	SW. 8	zwischen 330 und 420 m.
	600	+ 2.9	71	SW. 10	

14. März. 2 Drachen (14 m²). 3000 m Draht.
9½—11ʰ a. Bar: 756.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9 32	48	+ 6.1	87	WSW. 6	Wolken bei 480 m.
43	500	+ 2.2	88	WSW. 12	Temp.-Inversion von + 0.5⁰
47	750	+ 0.5	84	WSW. 13	auf + 2.0⁰ zwischen
49	820	+ 2.0	82	WSW. 13	750 und 820 m.
10 2	1000	+ 2.0	80	WSW. 13	Isothermie von + 2.0⁰
6	1020	+ 2.0	79	WSW. 13	zwischen 820—1020 m.
12	1150	+ 2.4	68	WSW. 12	Temp.-Inversion von + 2.0⁰
16	1500	+ 0.7	65	WSW. 15	auf + 2.4⁰ zwischen
27	1670	— 0.5	61	WSW. 14	1020 und 1150 m.

19. März. 2 Drachen (14 m²). 3000 m Draht.
$9^1/_2$—11 h a. Bar: 746.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9 32	48	+ 1.3	78	S. 5	Temp.-Inversion von — 0.9⁰ auf ± 0⁰ zwischen 270 und 340 m.
40	270	— 0.9	79	S. 9	
42	340	± 0	76	S. 10	
45	500	— 0.9	75	S. 10	
56	1000	— 5.0	75	S. 11	
10 5	1500	— 9.7	76	S. 12	
9	1790	— 11.5	75	S. 12	

22. März. 1 Drache (7 m²). 2060 m Draht.
11—12 h a. Bar: 755.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 56	48	+ 10.5	71	SW. 7	
11 14	500	+ 5.9	73	SW. 8	
38	1000	+ 1.4	73	SW. 11	
45	1220	— 0.6	77	SW. 13	

27. März. 2 Drachen (10 m²). 2700 m Draht.
4 — $5^1/_4$ h p. Bar: 761.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
3 56	48	+ 6.3	60	SE. 9	
4 19	500	+ 0.6	64	SE. 10	
40	1000	— 2.0	64	SE. 8	
48	1500	— 4.7	60	SE. 11	
50	1590	— 5.1	57	SE. 11	

28. März. 2 Drachen (14 m²). 3500 m Draht.
11—12¼ʰ a. Bar: 757.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 55	48	+ 2.9	90	SE. 7	Temperatur-Inversionen:
11 6	400	± 0	88	SE. 8	1. von 0⁰ auf + 0.9⁰
9	500	+ 0.5	86	SE. 9	zwischen 400 u. 660 m.
16	660	+ 0 9	86	SE. 8	2. von — 1.1⁰ auf + 1.0⁰
25	990	— 1.1	87	SE. 9	zwischen 990 u. 1180 m.
26	1000	— 0.9	87	SE. 9	
28	1180	+ 1.0	85	SE. 10	
35	1500	— 0.1	84	SSE. 10	
48	1880	— 2.7	86	SSE. 11	

2. April. 1 Ballon (32 m³). 1200 m Draht.
10¼—11ʰ a. Bar: 761.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Bemerkungen
10 6	48	+ 8.2	87	
23	500	+ 7.1	83	
26	680	+ 5.1	83	

18. April. 3 Drachen (21 m²). 4500 m Draht.
9¾—11¾ʰ a. Bar: 753.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9 48	48	+ 6.8	80	SW. 7	
10 7	500	+ 1.5	84	SW. 8	
22	1000	— 1.9	78	WSW. 8	
29	1500	— 5.5	77	WSW. 13	
47	2000	— 9.2	71	WSW. 11	
11 0	2500	— 11.8	70	WSW. 11	
10	ca. 2820	— 14.6	70	WSW. 13	

21. April. 3 Drachen (21 m²). 2500 m Draht.
9³/₄—11³/₄ʰ a. Bar: 761.2 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit ⁰/₀	Wind m/s	Bemerkungen
9 42	48	+ 7.1	73	NW. 6	
	500	+ 2.7	75	NW. 6	
	1000	— 1.7	73	WNW. 6	
	1450	— 3.3	60	WNW. 6	

28. April. 3 Drachen (21 m²). 4000 m Draht.
9³/₄—11¹/₄ʰ a. Bar: 759.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit ⁰/₀	Wind m/s	Bemerkungen
9 43	48	+ 22.0	48	SSE. 7	Temp.-Inversion von + 18.5⁰ auf + 19.4⁰ zwischen 410 und 570 m.
55	410	+ 18.5	48	SSE. 8	
56	500	+ 19.2	46	SSE. 8	
57	570	+ 19.4	45	SSE. 8	
10 10	1000	+ 16.2	45	SSE. 9	
21	1500	+ 12.2	50	SE. 10	
30	2000	+ 8.9	52	SE. 11	
38	2320	+ 5.9	52	SE. 11	

8. Mai. 3 Drachen (21 m²). 4000 m Draht.
9¹/₄—11¹/₄ʰ a. Bar: 760.7 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit ⁰/₀	Wind m/s	Bemerkungen
9 9	48	+ 9.8	52	E 6	Wolken bei ca. 1300 m.
10 2	500	+ 4.8	52	ESE. 6	
16	1000	+ 0.6	52	ESE. 8	
40	1500	— 4.0	55	ESE. 9	
49	1970	— 8.8	59	ESE. 10	

8. Mai. 3 Drachen (21 m²). 3500 m Draht.
1—2¼ʰ p. Bar: 760.7 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
12 54	48	+ 11.0	38	E. 6	
1 13	500	+ 5.4	40	ESE. 7	
23	1000	+ 1.0	42	ESE. 8	
45	1500	— 3.5	50	ESE. 7	
51	1980	— 8.0	58	ESE. 7	

9. Mai. 3 Drachen (21 m²). 3500 m Draht.
10—11¾ʰ a. Bar: 761.3 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 10	48	+ 10.0	43	E. 8	Wolken bei 1750 an.
30	500	+ 4.9	46	E. 7	Isothermie von — 4.6⁰
44	1000	+ 1.3	47	ESE. 9	zwischen 1740 und
11 2	1500	— 3.6	56	ESE. 9	1810 m.
5	1740	— 4.6	56	ESE. 9	Temp.-Inversion bei 1810 m
6	1810	— 4.6	47	ESE. 9	beginnend.
19	1980	— 2.6	40	ESE. 9	

10. Mai. 2 Drachen (14 m²). 2700 m Draht.
11¼—12½ʰ a. Bar: 759.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 15	48	+ 13.2	47	E. 8	
36	500	+ 8.0	50	E. 8	
50	1000	+ 3.5	52	E. 8	
12 7	1500	— 1.0	59	E. 8	
9	1570	— 2.0	60	E.	

14. Mai. 1 Ballon (32 m³). 1600 m Draht.
$11^1/_4-11^3/_4{}^h$ a. Bar: 764.9 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Bemerkungen
11^{16}	48	+ 18.9	36	
^{33}	500	+ 16.7	37	
^{40}	900	+ 12.0	39	

24. Mai. 2 Drachen (14 m²). 2700 m Draht.
$8^3/_4-10^1/_4{}^h$ a. Bar: 763.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8^{45}	48	+ 12.1	76	WNW. 6	
9^{13}	500	+ 6.7	79	WNW. 6	
^{23}	1000	+ 5.4	73	WNW. 8	
^{45}	1500	+ 2.5	74	WNW. 8	
^{47}	1550	+ 2.3	70	WNW. 8	

5. Juni. 3 Drachen (21 m²). 4000 m Draht.
$9^1/_2-11^1/_4{}^h$ a. Bar: 757.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{37}	48	+ 21.3	68	ESE. 5	Temp.-Inversion von + 19.2⁰ auf + 19.6⁰ zwischen 370 und 440 m.
^{55}	370	+ 19.2	70	SE. 6	
^{56}	440	+ 19.6	70	SE. 6	
^{57}	500	+ 19.6	70	SE. 8	Isothermie von + 19.6⁰ zwischen 440 und 500 m.
10^{8}	1000	+ 16.6	68	SE. 9	
^{18}	1500	+ 12.4	70	SE. 10	
^{39}	2000	+ 8.3	73	SSE. 9	
^{44}	2200	+ 6.6	69	SSE. 10	

27. Juni. 2 Drachen (14 m²). 2220 m Draht.
11—11¾ʰ a. Bar: 757.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10 58	48	+ 13.0	59	WNW. 7	
11 9	500	+ 7.8	61	WNW. 8	
23	1000	+ 3.2	64	WNW. 8	
32	1380	± 0	64	WNW. 8	

2. Juli. 3 Dachen (21 m²). 2600 m Draht.
11¾—12¾ʰ a. Bar: 756.8 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 44	48	+ 16.9	67	WNW. 7	Temp.-Inversion von + 12.4⁰
55	420	+ 12.4	71	WNW. 6	auf + 14.1⁰ zwischen
57	500	+ 14.0	61	WNW. 6	420 u. 520 m.
58	520	+ 14.1	61	NW. 6	Isothermie von + 13.6⁰
12 0	580	+ 13.6	61	NW. 6	zwischen 580 u. 760 m.
7	760	+ 13.6	60	NW. 6	
22	1000	+ 12.6	61	NW. 6	
28	1420	+ 8.3	62	NW. 7	

3. Juli. 1 Drache (7 m²). 850 m Draht.
1—1¾ʰ p. Bar: 754.8 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
1 0	48	+ 17.6	84	N. 4	Wegen schwachen Windes
1 30	400	+ 13.0	82	NNE 5	eingeholt.

5. Juli. 2 Drachen (14 m²). 3000 m Draht.
12—12³/₄ʰ p. Bar: 752.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11 59	48	+ 15.1	67	W. 8	
12 9	500	+ 10.1	70	W. 10	
18	1000	+ 6.2	70	WNW. 11	
27	1500	+ 2.3	73	WNW. 12	
32	1520	+ 1.8	70	WNW. 12	

6. August. 3 Drachen (21 m²). 3250 m Draht.
8¹/₄—9¹/₂ʰ a. Bar: 754.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8 15	48	+ 12.5	83	WNW. 6	Temperaturen wegen Hemmungen im Gestänge unsicher.
24	500	—	81	WNW. 7	
52	1000	—	84	WNW. 7	
9 16	1330	—	82	WNW. 7	

6. August. 3 Drachen (21 m²). 2800 m Draht.
12¹/₂—2ʰ p. Bar: 754.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
12 28	48	+ 14.8	58	W. 6	
46	500	+ 9.4	66	W. 6	
1 28	1000	+ 4.2	74	W. 6	
32	1480	+ 0.7	76	W. 6	

7. August. I. 3 Drachen (21 m²). 4000 m Draht.
$8^{1}/_{4}$—10^{h} a. Bar: 755.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8^{12}	48	+ 12.2	81	W. 7	
^{24}	500	+ 7.8	82	W. 8	
^{34}	1000	+ 4.2	81	WNW. 9	
^{45}	1500	+ 0.6	82	WNW. 9	
9^{5}	2000	— 3.2	84	WNW. 10	
^{18}	2200	— 4.8	86	WNW. 10	

7. August. II. 4 Drachen (28 m²). 4500 m Draht.
$12^{1}/_{2}$—$2^{1}/_{4}{}^{h}$ p. Bar: 755.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
12^{24}	48	+ 15.4	61	W. 7	
^{42}	500	+ 9.7	66	W. 7	
^{49}	1000	+ 5.1	76	W. 8	
1^{6}	1500	+ 0.9	74	W. 9	
^{22}	2000	— 1.5	72	W. 9	
^{34}	2460	— 4.7	67	W. 10	

8. August. I. 4 Drachen (28 m²). 4500 m Draht.
$8^{1}/_{4}$—10^{h} a. Bar: 754.7 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8^{14}	48	+ 12.1	77	WSW. 6	
^{35}	500	+ 6.7	84	WSW. 7	
^{42}	1000	+ 3.7	79	W. 8	
^{55}	1500	+ 0.6	82	W. 7	
9^{24}	2000	— 2.2	79	W. 6	
^{30}	2490	— 6.0	82	W. 6	

8. August. II. 4 Drachen (28 m²). 4500 m Draht.
$12^1/_4 - 2^h$ p. Bar: 754.8 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C°	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
12^{16}	48	+ 15.8	59	WSW. 7	
^{30}	500	+ 9.4	66	WSW. 7	
^{49}	1000	+ 4.8	76	W. 6	
1^{24}	1500	+ 1.2	76	W. 7	
^{28}	2000	— 2.4	76	W. 7	
^{32}	2310	— 4.7	77	W. 7	

14. August. 3 Drachen (21 m²). 3000 m Draht.
$10^3/_4 - 12^1/_2{}^h$ a. Bar: 755.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C°	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{43}	48	+ 14.9	64	W. 6	
11^{21}	500	+ 12.3	67	W. 6	
^{52}	1000	+ 9.8	69	W. 7	
^{57}	1500	+ 7.8	69	W. 9	
$12\ ^{6}$	1770	+ 6.1	69	W. 8	

15. August. 4 Drachen (28 m²). 4350 m Draht.
$10^1/_2 - 1^1/_4{}^h$ p. Bar: 757.5 mm

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C°	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10^{30}	48	+ 16.2	80	NNE. 6	Geringe Temperatur - Abnahme.
^{51}	500	+ 13.1	78	NNE. 8	
$11\ ^{3}$	1000	+ 11.4	79	NNE. 7	
^{46}	1500	+ 9.9	78	NNE. 6	
^{51}	2000	+ 7.4	80	NNE. 6	

20. August. 3 Drachen (21 m²). 3110 m Draht.
$9^{1}/_{2}{}^{h}$ a—$11^{1}/_{4}{}^{h}$ a. Bar: 757.7 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{22}	48	+ 15.9	85	NW. 6	Temp.-Inversion von + 4.4⁰
^{53}	500	+ 11.5	84	NW. 7	auf + 5.4⁰ zwischen
10^{8}	1000	+ 7 9	86	NW. 8	1580 u. 1620 m.
^{15}	1500	+ 5.1	87	NNW. 9	Isothermie von + 5.4⁰ bei
^{17}	1580	+ 4.4	82	NNW. 9	1620 m beginnend.
^{19}	1620	+ 5.4	81	NNW. 9	
^{28}	1740	+ 5.4	77	NNW. 9	

22. August. 4 Drachen (28 m²). 4300 m Draht.
10—12^{h} a. Bar: 759.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{59}	48	+ 16.3	70	SW. 5	Temperatur-Inversion von
10^{29}	290	+ 12 2	75	WSW. 7	+ 12.2⁰ auf + 13.0⁰
^{31}	480	+ 13.0	70	W. 9	zwischen 290 u. 480 m.
^{32}	500	+ 12.8	70	W. 9	Dasselbe von + 3.7⁰ auf
^{50}	1000	+ 10.1	75	W. 7	+ 3.9⁰ zwischen 2180
^{59}	1500	+ 7.7	80	W. 8	und 2240 m.
11^{15}	2000	+ 5.6	79	W. 9	Isothermie von + 3.9⁰
^{17}	2180	+ 3.7	82	W. 10	zwischen 2240 u. 2300 m
^{18}	2240	+ 3.9	77	W. 10	
^{19}	2300	+ 3.9	76	W. 10	
^{24}	2490	+ 2.2	76	W. 10	

30. August. 3 Drachen (21 m²). 4000 m Draht.
10—$11^{3}/_{4}{}^{h}$ a. Bar: 758.3 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{56}	48	+ 21.5	75	ESE. 6	Temp.-Inversion von + 10 5⁰
10^{40}	500	+ 16.2	82	SE. 12	auf + 10.9⁰ zwischen
^{46}	1000	+ 11.7	83	SE. 9	1240 u. 1330 m.
^{58}	1240	+ 10.5	79	SE. 9	
11^{0}	1330	+ 10.9	64	SE. 9	
^{3}	1500	+ 10.1	68	SSE. 10	
^{6}	2000	+ 8.3	40	SSE. 9	
^{14}	2240	+ 6.8	21	SSE. 8	

4. September. 3 Drachen (21 m²). 3000 m Draht.
$9-10^1/_2$ h a. Bar: 761.8 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C°	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9 5	48	+ 13.2	100	W. 7	Wolken bei 150 m.
32	400	+ 8.7	98	WNW. 7	Temp.-Inversion von + 8.7°
35	500	+ 8.9	96	WNW. 7	auf + 8.9° zwischen
39	690	+ 8.9	97	WNW. 7	400 und 500 m.
50	1000	+ 7.1	96	NW. 9	Isothermie von + 8.9°
10 3	1500	+ 4.9	95	NNW. 10	zwischen 500 und
29	1840	+ 3.8	93	NNW. 9	690 m.
					2 Drachen abgerissen.

2. Oktober. I. 4 Drachen (28 m²). 4300 m Draht.
$8^1/_2-10^1/_2$ h a. Bar: 760.6 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C°	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8 20	48	+ 9.1	86	ESE. 7	Temp.-Inversion von + 8.5°
36	440	+ 8.5	83	ESE. 10	auf + 10.4° zwischen
43	500	+ 8.7	79	ESE. 8	440 und 710 m.
9 5	660	+ 9.9	42	ESE. 5	
45	710	+ 10.4	55	ESE. 5	
49	1000	+ 9.6	60	SE. 8	
56	1500	+ 6.5	72	SE. 6	
58	1670	+ 4.6	75	SE. 6	

2. Oktober. II. 3 Drachen (21 m²). 2750 m Draht.
$12^1/_4-1^1/_2$ h p. Bar: 760.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C°	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
12 18	48	+ 15.9	67	ESE. 5	Temperatur-Inversion von
34	310	+ 11.5	72	ESE. 6	+ 11.5° auf + 12.1°
37	420	+ 12.1	70	ESE. 6	zwischen 310 und
56	500	+ 11.7	70	ESE. 5	420 m.
1 14	1000	+ 9.5	73	ESE. 5	
17	1260	+ 7.2	71	ESE. 5	

6. November. 2 Drachen (14 m^2). 3500 m Draht.
$12^1/_2 - 1^3/_4{}^h$ p. Bar: 747.6 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C^0	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
12^{36}	48	+ 9.8	86	WSW. 6	
^{53}	500	+ 6.0	86	W. 10	
$1\ ^{1}$	1000	+ 2.4	72	WNW. 12	
^{7}	1500	— 1.4	75	WNW. 13	
^{18}	1940	— 3.9	58	WNW. 13	

11. November. 3 Drachen (21 m^2). 4120 m Draht.
$9^3/_4 - 11^1/_4{}^h$ a. Bar: 755.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C^0	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9^{50}	48	+ 2.4	93	SSE. 8	Temp.-Inversion von + 1.6⁰
^{58}	150	+ 1.6	94	S. 14	auf + 8.8⁰ zwischen
$10\ ^{5}$	500	+ 8.6	72	S. 9	150 und 530 m
^{6}	530	+ 8.8	74	S. 9	Von 530 m an kleiner
^{20}	1000	+ 7.1	86	S. 7	Temperatur - Gradient.
^{50}	1500	+ 4.9	81	S. 6	
^{51}	1511	+ 4.7	81	S. 6	

15. November. 2 Drachen (10 m^2). 2600 m Draht.
$11^1/_2 - 12^1/_2{}^h$ a. Bar: 745.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C^0	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s.	Bemerkungen
11^{32}	48	+ 7.5	83	WSW. 9	Temp.-Inversion von + 3.1⁰
^{42}	460	+ 3.1	89	WSW. 13	auf + 3.9⁰ zwischen
^{43}	500	+ 3.6	83	WSW. 12	460 und 530 m.
^{44}	530	+ 3.9	78	WSW. 11	
^{58}	1000	+ 0.9	83	W. 12	
$12\ ^{8}$	1350	— 2.4	88	W. 10	

17. November. 2 Drachen (14 m²). 1400 m Draht.
$11^1/_2-12^1/_2{}^h$ a. Bar: 758.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11³⁰	48	+ 4.3	98	WSW. 4	Temp.-Inversion von + 4.3⁰ auf + 7.3⁰ zwischen unten und 110 m.
43	110	+ 7.3	93	WSW. 6	
51	230	+ 7.3	91	WSW. 7	
12 ⁴	500	+ 5.6	93	WSW. 8	Isothermie von + 7.3⁰ zwischen 110 u. 230 m.
20	780	+ 4.5	91	WSW. 8	

18. November. 2 Drachen (14 m²). 3500 m Draht.
$9^3/_4-11^1/_4{}^h$ a. Bar: 760.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
9³⁹	48	+ 9.4	93	WSW. 5	Temperatur-Inversionen:
52	500	+ 6.0	84	WSW. 12	1. von + 2.2⁰ auf + 2.4⁰ zwischen 1100 und 1200 m.
10 ¹	1000	+ 2.6	82	W. 13	
2	1100	+ 2.2	73	W. 14	
3	1200	+ 2.4	62	W. 16	2. von + 1.4⁰ auf + 1.7⁰ zwischen 1500 und 1570 m.
5	1500	+ 1.4	42	W. 19	
6	1570	+ 1.7	37	W. 20	
14	1740	+ 0.9	22	WNW. 18	3. von + 0.9⁰ auf + 1.9⁰ zwischen 1740 und 1830 m.
18	1830	+ 1.9	19	WNW. 18	
22	1850	+ 1.1	31	WNW. 18	

24. November. 3 Drachen (21 m²). 3500 m Draht.
$10^1/_2-12^1/_4{}^h$ a. Bar: 763.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
10²³	48	+ 0.3	93	SSE. 6	Temperatur-Inversionen:
35	200	+ 3.1	83	SSE. 9	1. von + 0.3⁰ auf + 3.1⁰ zwischen 48 und 200 m.
39	400	+ 2.2	80	SSE. 10	
40	500	+ 2.6	57	SSE. 11	2. von + 2.2⁰ auf + 2.6⁰ zwischen 400 u. 500 m.
11¹⁶	860	+ 2.6	43	SSE. 13	
17	1000	+ 2.4	37	SSE. 13	Isothermie von + 2.6⁰ zwischen 500 u 860 m.
38	1260	+ 2.0	25	SSE. 12	
40	1500	+ 2.4	31	SSE. 11	Temp.-Inversion von + 2.0⁰ auf + 2.4⁰ zwischen 1260 und 1500 m.
48	1930	— 0.3	45	SSE. 12	

4. Dezember. I. 1 Drache ($5 m^2$). 1400 m Draht.
$8^1/_4 - 8^1/_2{}^h$ a. Bar: 743.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
8^{18}	48	+ 6.4	78	SSW. 11	Drache gerät in Unordnung
^{31}	500	+ 4.8	83	SSW. 15	und geht herunter. An-
^{34}	740	+ 4.1	80	SSW. 24	gaben etwas unsicher.

4. Dezember. II. 1 Drache ($5 m^2$). 1800 m Draht.
$11^3/_4{}^h$ a—$12^1/_2{}^h$ p. 743.5 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11^{41}	48	+ 7.4	83	SSW. 11	Drache gerät in Unordnung,
^{54}	500	+ 3.7	90	SSW. 16	wird eingeholt.
^{56}	720	+ 0.8	90	SSW. 25	Angaben etwas unsicher.
					Wolken: 600 m Höhe.

12. Dezember. 3 Drachen ($21 m^2$). 4100 m Draht.
$11^1/_4{}^h$ a.—1^h p. Bar: 755.0 mm.

Zeit h m	Höhe m	Temperatur C⁰	Relative Feuchtigkeit %	Wind m/s	Bemerkungen
11^{18}	48	+ 6.8	90	WSW. 7	Wolken: 400 m Höhe.
^{31}	470	+ 2.0	93	W. 16	Temperatur-Inversionen:
^{32}	500	+ 2.2	87	W. 16	1. von + 2.0⁰ auf + 2.3⁰
^{33}	520	+ 2.3	85	W. 16	zwischen 470 u. 520 m.
^{46}	1000	— 1.3	90	W. 11	2. von — 4.8⁰ auf — 1.8⁰
12^{3}	1500	— 4.4	94	W. 10	zwischen 1550 und
^{4}	1550	— 4.8	94	W. 12	1790 m.
^{7}	1790	— 1.8	75	W. 13	Isothermie von — 1.8⁰
^{12}	1970	— 1.8	35	W. 11	zwischen 1790 und
^{13}	1980	— 1.7	35	W. 11	1970 m.

Pilotballonaufstiege.

Höhe m	Richtung aus	Geschwindigkeit m/s
2. April 1913. $11^{30\,h}$ a.		
48	W.	5
— 500	W.	5
— 600	W.	7
3. April 1913. 11^{h} a.		
48	NE.	4
— 500	NE.	8
— 1000	NE.	5
— 1500	NE.	5
23. April 1913. 12^{h}.		
48	NNW.	8
— 500	N.	13
— 1000	NNE.	13
— 1500	NNE.	10
— 2000	NNE.	6
— 2400	NE.	5
29. April 1913. 11^{h} a.		
48	S.	5
— 500	S.	9
— 1000	SSE.	12
— 1500	SSE.	9
— 1800	S.	6
30. April 1913. $9^{30\,h}$ a.		
48	ESE.	5
— 500	ESE.	9
— 1000	S.	10
— 1500	S.	10
— 2000	S.	11
— 2500	S.	16

Höhe m	Richtung aus	Geschwindigkeit m/s
2. Mai 1913. $12^{30\,h}$ p.		
48	WNW.	4
— 500	W.	7
13. Mai 1913. $12^{30\,h}$ p.		
48	NNE.	2
— 500	E.	1
— 1000	S.	3
— 1500	SSW.	2
— 2000	SE.	2
— 2500	SE.	1
16. Mai 1913. $10^{40\,h}$ a.		
48	NW.	3
— 500	W.	2
— 1000	SW.	2
— 1500	WNW.	2
— 2000	W.	3
— 2500	WNW.	6
— 3000	NW.	6
— 3500	NW.	8
— 3800	NW.	6
17. Mai 1913. 10^{h} a.		
48	SE.	4
— 500	SE.	6
— 1000	SE.	7
— 1500	SE.	6
— 2000	SE.	3
— 2500	S.	4
— 3000	SSW.	4
— 3200	SW.	5

Pilotballonaufstiege.

Höhe m	Richtung aus	Geschwindigkeit m/s	Höhe m	Richtung aus	Geschwindigkeit m s
23. Mai 1913. 11^{50h} a.			14. Juli 1913. 5^{50h} p.		
48	WNW.	4	48	SSE.	2
— 500	W.	4	— 500	ESE.	1
— 1000	WNW.	6	— 1000	ENE.	4
— 1200	WNW.	5	— 1500	ENE.	7
			— 2000	ENE.	9
31. Mai 1913. 5^{h} p.			7. November 1913. 8^{30h} a.		
48	E.	5	48	SSW.	3
— 500	ESE.	6	— 500	S.	4
— 1000	SSE.	4	— 1000	S.	5
			— 1500	SSW.	6
2. Juni 1913. 11^{15h} a.			9. November 1913. 10^{h} a.		
48	SSW.	3	48	W.	2
— 500	SW.	5	— 500	W.	3
			— 1000	W.	3

Uebersicht der Windverhältnisse.

1913	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Absolutes Maximum	18 m/s am 31.	24 m/s am 22.	26 m/s am 18.	24 m/s am 11.	21 m/s am 7.	21 m/s am 11.	16 m/s am 29.	15 m/s am 13.	11 m/s am 10.	13 m/s am 24.	21 m/s am 28.	28 m/s am 14.
Windstärke über 15 m/s	3	4	10	3	3	2	1	1	0	0	4	9
Windstärke über 15 m/s in stündl. Durchschnitt	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Windstillen in stündl. Durchschnitt	2	9	4	4	11	12	19	14	13	14	5	7
Windstärke nicht über 4 m/s	4	6	0	2	3	8	10	5	13	11	6	6

[Aus dem pathologischen Institute der Universität Rostock.]
(Direktor: Prof. Dr. E. Schwalbe.)

Die Windungen und Furchen des völlig balkenlosen Gehirns.

Von
Julius Schnabel, Med. prakt.

Hierzu Tafel 6—10.

Eingegangen bei der Redaktion am 31. Mai 1914.

Es gibt keinen interessanteren Gegenstand in der Wissenschaft als die Erforschung des Gehirns, dessen Ausbildung der Mensch seine Stellung in der Natur verdankt. Zwar ist der äussere Bau des Gehirns schon lange bekannt und die Histologie hat seit Entdeckung des Mikroskops den Verlauf und die Lage der Hirnfasern und Zellen klar gelegt, aber seine mannigfachen Funktionen und seine Beziehungen zur Psyche stellen ein Gebiet dar, welches lange Zeit hindurch unbekannt und verlassen lag. Erst durch die medizinische Wissenschaft und die Fortschritte, die die Entwicklungsgeschichte in neuerer Zeit gemacht hat, ist dieses Gebiet zu verdienter Beachtung gekommen. Den Aerzten war es vorbehalten, durch Beobachtungen an Geisteskranken die grossen Entdeckungen zu machen, dass es gewisse materielle Sitze rein geistiger Funktion gibt.

Der Balken soll nach Vogt höhere Vorgänge nervösen und psychischen Lebens vermitteln, jedoch ist dies schwer zu beweisen, da experimentell der Balken nicht ausgeschaltet und dann die Folgeerscheinungen registriert werden können. Es bleibt nur übrig, die Naturexperimente, d. h. die während der Entwicklung entstandenen Defekte und Missbildungen und deren Folgen zu beobachten. In diesem speziellen Falle kommt es also darauf an,

Gehirne zu untersuchen, bei denen der Balken vollständig fehlt, während alle anderen Teile des Gehirns vorhanden sind.

In der Literatur sind bereits viele Fälle von Gehirnen mit totalem und partiellem Balkenmangel mitgeteilt und zusammengestellt worden, so dass eine nochmalige einfache Aufzählung hier überflüssig ist. Ich will hier nur auf die Arbeit von Probst aus dem Jahre 1901 hinweisen, wo Verfasser berichtet, dass bisher 16 vollständig balkenlose Gehirne beschrieben seien, und zwar nur makroskopisch bis auf den Fall Onufrowicz, der seinen Fall auch histologisch untersucht hat. Nach Probst wird der Wert dieser Arbeit allerdings herabgesetzt durch den Erhaltungszustand, den das Gehirn zur Zeit der histologischen Untersuchungen hatte. Ausserdem haben Foerg, Anton, Kaufmann und Mingazzini das Gehirn in einige Blöcke zerteilt und die Schnittflächen beschrieben. Die 16 Fälle von totalem Balkenmangel zählt Probst chronologisch geordnet auf, und als 17. Fall führt er seinen eigenen an, den er sowohl makroskopisch wie mikroskopisch sehr genau untersucht und beschrieben hat. Eine zweite erwähnenswerte Aufzählung gibt Banchi in der im italienischen Archiv vom Jahre 1904 erschienenen Arbeit über ein balkenloses Gehirn. Gleich im Anfange dieser Arbeit gibt Banchi eine Zusammenstellung von 61 Fällen. Unter diesen 61 Fällen sind 35 mit totalem Balkenmangel, 22 mit partiellem Balkenmangel und 4, bei denen ausser dem Namen keine weiteren Angaben gemacht sind. Die grosse Differenz in der Zahl der total balkenlosen Gehirne kommt dadurch zustande, dass Banchi die ausländische Literatur, namentlich die italienische, mehr berücksichtigt hat als Probst. Die meisten dieser Fälle haben jedoch nur statistischen Wert, weil eine Beschreibung entweder gar nicht, oder doch nur sehr ungenau gegeben ist. Den makroskopischen wie auch mikroskopischen Befund bei seinem Falle von totalem Balkenmangel hat Banchi in dieser Arbeit sehr ausführlich niedergelegt. Seit Banchi ist dann die Literatur noch mit 4 Fällen von total balkenlosen Gehirnen bereichert worden. Im Jahre 1905 wurde von I. Goldberg ein Fall veröffentlicht, dem Marchand im Jahre 1909 mit einer ausführlichen Beschreibung eines Falles folgte. Marchand ist auch noch im Besitze eines zweiten Gehirns mit totalem Balkenmangel, der bis jetzt noch nicht publiziert ist. Ebenso ist von seinen beiden Fällen mit partiellem Balkenmangel erst einer beschrieben in seiner Monographie: Ueber die normale Entwicklung

und den Mangel des Balkens im menschlichen Gehirn. Im Jahre 1912 schliesslich berichtete Klieneberger über den jüngsten Fall von totalem Balkenmangel im Archiv für Psychiatrie.

Wir können also heute sagen, dass im ganzen 22 resp. 40 Fälle von totalem Balkenmangel beobachtet sind, je nachdem man die Aufzählung von Probst oder Banchi zugrunde legt. Von diesen sind die Fälle von Onufrowicz, Probst, Banchi, Goldberg, Marchand und Klieneberger, also 6, auch mikroskopisch untersucht und für das Studium über Balkenmangel am wertvollsten. In dieser Hinsicht von grosser Bedeutung ist auch die Arbeit von Ernst: „Ueber Missbildungen des Zentralnervensystems“, in der der Balkenmangel eingehend erörtert wird. Ferner sind erwähnenswert die Arbeiten von Arndt und Sklarek und Groz, welche im Anschluss an eine Beschreibung je eines Falles von partiellem Balkenmangel auf den Balkenmangel im allgemeinen eingehen.

So hat sich nun Fall an Fall gereiht und es ist augenblicklich schon schwer, einen Ueberblick über die Literatur zu bekommen. Daher habe ich es unternommen, die Fälle von totalem Balkenmangel genau durchzustudieren, und die für das Studium über Balkenmangel wertvollen Punkte nach einem bestimmten Schema zu ordnen, das folgendermassen zusammengestellt ist:

A. Fragen über die einzelnen Fälle.

1. Alter und Geschlecht.
2. Bestanden klinische Erscheinungen? Welcher Art? Von Geburt an?
3. Sektionsbefund. Sind anderweitige Missbildungen a) des Körpers, b) des Gehirns gefunden worden?
4. Wie ist der Windungstypus an der medialen Grosshirnseite?
5. Wie an der Konvexität und Basis?
6. Gestalt des Cuneus?
7. Hat histologische Untersuchung stattgefunden? (Kurze Zusammenstellung derselben.)

B. Fragen über die Ausführungen des Autors.

8. Gibt Verfasser eine Literaturübersicht?
9. Referiert der Verfasser über embryologische Entwicklung?

10. Hat er selbst über embryologische Entwicklung Untersuchungen angestellt?
11. Referiert Verfasser über vergleichend anatomische Untersuchungen?
12. Hat er selbst solche angestellt?
13. Welches sind die Ansichten des Verfassers über die formale Genese?

    Begrenzt er die Entstehungszeit (teratogenetische Terminationsperiode)? Wie stellt Verfasser die abnorme Entwicklung dar? Hemmungsbildung?
14. Sagt Verfasser etwas über kausale Genese? Nimmt er Beziehungen zu fetalen Krankheiten oder zu anderen Entwicklungsstörungen an? Erörtert er mechanische oder chemische Ursachen? Oder nimmt er innere Ursachen, falsche Entwicklungsrichtung an?

An diese Literaturübersicht schliesse ich die Beschreibung der Furchen und Windungen eines Grosshirns mit völligem Balkenmangel. Ich beabsichtige, durch diese Literaturübersicht und die Beschreibung eine Grundlage zu geben für die weitere Bearbeitung des Falles, zugleich auch die Orientierung über die Literatur bei Untersuchung neuer Fälle von Balkenmangel zu erleichtern.

Die Fälle von totalem Balkenmangel habe ich in zwei Typen A und B geschieden, eine Einteilung, wie sie H. Vogt in seiner im Jahre 1905 erschienenen Arbeit mitgeteilt hat. Unter dem Typus A sind alle Fälle beschrieben, bei denen ausser dem Balkenmangel am ganzen Gehirn noch andere hochgradige Aufbaustörungen und morphologische Veränderungen vorhanden sind. An der medialen Hemisphärenwand ist kein Radiärtypus, die Randwindung ist kreisförmig, es fehlt das Septum pellucidum, da es sich an der Weiterentwicklung der medialen Grosshirnseite beteiligt hat, und Mark und Rinde besitzt. Das Gehirn zeigt im ganzen einen fetalen Zustand und erinnert an ein Marsupialiergehirn. Die Orientierung an den Gehirnen ist äusserst schwierig und teilweise sogar unmöglich. Nach Vogt liegt bei diesem Typus eine echte Agenesie des Balkens vor. Die Ursache der „allgemeinen Missbildung“, zu deren Symptom der Balkenmangel gehört, ist eine fetale Erkrankung. Als primär-pathologische Momente kommen hier in Betracht: Veränderungen des Ependyms und der Pia (Virchow), Gefässerweichungen. Hydrocephalus

internus ist entweder eine Persistenz des grossen fetalen Plexus oder eine solche ex vacuo. Bei Individuen, die länger gelebt haben, muss man annehmen, dass die missbildeten Gehirne als locus minoris resistentiae noch postfetal grössere Veränderungen erleiden, daher oft Gliose etc. Ein hohes Lebensalter wird jedoch nicht erreicht, wie aus den einzelnen Fällen, Dubreuil neugeboren, Ward 11 Monate, Virchow 6 Wochen, etc. ersichtlich ist.

Unter dem Typus B sind dann die Fälle angeführt, bei denen sich folgende Veränderungen finden: An der medialen Hemisphärenwand Radiärtypus und Fehlen des Gyrus fornicatus. Im übrigen treten die anderen Anomalien dem Typus A gegenüber weit zurück. Bei der histologischen Untersuchung hat sich bei diesen Fällen ein Balkenlängsbündel konstatieren lassen und auch die übrigen Veränderungen sind als sekundär abhängig von der Störung des Balkens anerkannt worden. Es ist auch bei dieser lokalen Missbildung ein höheres Lebensalter möglich: Eichler 43 Jahre, Knox 40 Jahre, Onufrowicz 32 Jahre, Kaufmann 24 Jahre etc. Nach Vogt liegt in diesen Fällen nur ein Hindernis des Zustandekommens der grossen Kommissur vor bei normaler Anlage des Systems. Marchand hat bei seinen Arbeiten über Balkenmangel einen Fall beobachtet, der zu letzter Kategorie gehört und gelangt daher zu dem Resultat, dass bei Balkenmangel es sich nie um Agenesie handelt, sondern stets um Heterotopie. Die normalerweise angelegten Balkenfasern ändern nach seiner Ansicht nur ihren Verlauf infolge Ausbleibens der Verwachsung beider Hemisphären, wie bei den Doppelmissbildungen.

Von den ältesten Fällen finden sich in der Literatur nur spärliche Notizen, so dass eine Bearbeitung nach dem angegebenen Schema nicht möglich ist. Aus literarischen Rücksichten müssen sie jedoch mit angeführt werden.

Fälle vom Typus A.

1. **Dubreuil.**

   Drei Stunden altes Kind, das äusserlich eine doppelte Hasenscharte und Wolfsrachen zeigt. Balken, Fornix, Septum, Trigonum fehlen völlig. Der dritte Ventrikel ist durch Aneinanderrücken der Sehhügel verschwunden. Geruchsnerv und Kommissura mollis fehlen.

2. **Ward.**

   Zweimonatliches Kind, das keine Spur von Intelligenz gezeigt hat. Hemisphären nur durch die Kommissura nervorum opicorum miteinander verbunden, alle anderen fehlen.

3. **Cruveillir.**
   Atrophie der Hemisphären und des Balkens bei einem Blödsinnigen.
4. **Battersby.**
   Neun Wochen altes Mädchen. Fornix, Septum, Falx, Corpus callosum und Plexus chor. fehlen. An ihrer Stelle eine mit zwei Quart Flüssigkeit gefüllte Höhle, die von einer dünnen Membran umschlossen wird. Der dritte Ventrikel ist sehr seicht. Kommissura mollis fehlt.
5. **Bianchi.**
   Völlig blödsinniges Kind. Falx und Balken fehlen. Beide Hemisphären sind zu einer verschmolzen, Kommissura mollis fehlt.
6. **Luschka.**
   Eine Stunde altes Kind. Septum und Fornix fehlen. Hemisphären verschmolzen. Dritter Ventrikel und Streifenhügel nicht vorhanden. Die Sehhügel bilden eine zusammenhängende, vor der Brücke hervorragende Masse. Die Pyramiden fehlen, so dass die stark entwickelten Oliven sich berühren. Kommissura mollis fehlt.
7. **Budin.**
   Zwei Tage altes Mädchen. Nur Bulbus, Pons, Hirnschenkel, Corpus striatum, Tractus opticus und von den Hemisphären Lobus temporalis und occipitalis vorhanden. Alles andere ist durch 950 gr. Flüssigkeit ersetzt. Kommissura mollis fehlt.
8. **Mangelsdorff.**
   1. Drei Monate altes Mädchen.
   2. Starb an Pneumonie und bot keine anderen klinischen Erscheinungen.
   3a. Defekt der linken Lunge, lobuläre Pneumonie, Stenose der linken Arteria pulmonalis, linksseitiger Uterus bicornis.
   3b. Partieller Defekt der Falx cerebri, Hydrops ventriculorum, Craniotabes, ausserdem noch andere seltene Abnormitäten, die Mangelsdorf in einem ausführlichen Protokoll mitteilt. Erwähnt sei hier nur, dass ausser dem Balkendefekt alle anderen Missbildungen nur auf der linken Seite sich befinden.
9. **Virchow.**

   A.

   1. —, 2. —, 3. —.
   3a. Kongenitaler Hydrocephalus internus aller Ventrikel. Ausser dem Balken fehlt die Kommissura anterior und Septum pellucidum vollständig. Ausgedehnte Leptomeningitis mit zahlreichen Verwachsungen des Gehirns. Nervus opticus links interkraniel fast ganz vernichtet. Auf dem vorderen Teil der Sella turcica eine Cyste.
   4. An den Windungen zahlreiche Anomalien. Auch Mikrogyrie und Verwerfung der Rindenschichten.
   5. —, 6. —, 7. —.

   B.

   8. —, 9. —, 10. —, 11. —, 12. —.
   13. Als ursächliches Moment kann man nach Virchow sowohl den kongenitalen Hydrocephalus internus, wie auch die leptomeningitischen Verwachsungen ansehen, die dann als primär pathologische Momente,

sowohl zum Hydrocephalus als auch zum Balkendefekt und den anderen Missbildungen geführt haben.

10. **Mingazzini.**
   1. Elfmonatliches Kind.
   2. Idiotisch.
   3a. —, 3b. —. Vollständiger Balkenmangel. Auf beiden Hemisphären abnormer Windungstyp, den Mingazzini aus dem Hydrocephalus ableitet, und der keinen Bezug zum Balkenmangel habe. Im Hirnstamm fand sich rechts eine aufsteigende Degeneration der medialen Schleife. Links Schwund des Corpus geniculatum und des hinteren Vierhügels, fast totaler Schwund der Pyramide von Brücke bis zur Kreuzungsstelle, Mangel nach rechts kreuzender Pyramidenbahnen, Atrophie der Olive. Ferner fehlten das Tapetum des Balkens, während der Forceps wohl erhalten war.

11. **Goldberg.**

A.

   1. Vier Jahre. Frühgeburt. Geschlecht nicht angegeben.
   2. Erst vom achten Tage an zeigten sich klinische Erscheinungen. Langsam begannen Krämpfe, die durch die ganze Lebenszeit bestanden. Das Kind hat nie laufen oder sprechen gelernt, und konnte den Kopf nicht selbständig halten. Hochgradige rachitische Erscheinungen. Gesicht asymmetrisch. Am linken Auge ein grosses Maculocolobom, dann chorioiditische Herde, Myopia excessiva, staphyloma posticum. Am rechten Auge: Anschwellung der Augenlider und Erweiterung der Venen im oberen Augenlid und rechten Stirnseite. Bulbus bis zum Aequator vorgetrieben. Colobom der Iris nach oben, persistierende Pupillarmembran. Coloboma lentis. Augenbewegungen rechts nach allen Richtungen eingeschränkt. Rechter Facialis affiziert. Kind liegt in starker Opistotonusstellung. Drei Tage nach Erhebung dieses Befundes ergab
   3. die Sektion noch am Schädel starke Stirnhöcker und keilförmige Vortreibung der Scheitelhöhle und Abplattung der Hinterhauptsgegend. Nähte treten stark nach aussen vor. Im Gehirn fand sich 100 ccm wässerige Flüssigkeit, ferner gliomatöse Cysten in der rechten Orbitalhöhle. Neigung der Arachnoidea zur cystoiden Degeneration und an der Falx cerebri eine walnussgrosse Cyste. Am Gehirn selbst fanden sich folgende Anomalien: Totaler Balkenmangel, Gyrus rectus nur rechts angedeutet. Es fehlen rechts Lobus lingualis, Kommissura mollis und Gyrus fornicatus. Verkümmert sind: Corpora quadrigemina besonders rechts, Ober- und Unterwurm nur rechts. Die Ventrikel sind erweitert. Fornix ist mit dem Ependym des rechten Seitenventrikels verwachsen, links normal. Rechte Hemisphäre kleiner als die linke. Hirngewicht 750 gr.
   4. und 5. An der medialen konvexen und unteren Fläche der Hemisphären sind die Windungen nur teilweise mikrogyrisch, aber rechts mehr als links. An der Basis deutlich ausgeprägte Mikrogyrie, im hinteren Abschnitt der rechten Orbitalwindung.
   6. Cuneus ist rechts kräftig entwickelt, etwas mikrogyrisch ebenso links.

7. Vom Gehirn wurden nur zwei mikrogyrische Partien histologisch untersucht, und zwar die erste Stirnwindung und hintere mikrogyrische Zentralwindung. Es zeigt sich auch das typische Bild der Mikrogyrie. Starke Gliavermehrung und Gliasklerose bei hochgradiger relativer Verminderung der Ganglienzellen. Letztere sind im allgemeinen von gut entwickelter Form. Der absolute Defekt lässt sich schwer feststellen.

B.

8. Goldberg gibt ganz kurzen Literaturbericht.
9. —, 10. —, 11. —, 12. —.
13. Goldberg sagt, dass die an der Falx cerebri sitzende Cyste im vierten Fetalmonat die Vereinigung der Grosshirnhemisphären durch den Balken verhindert hat. Ferner hält Goldberg es für berechtigt, die Mikrogyrie in abhängige Beziehung zum Balkenmangel zu bringen, weil sie von mehreren Autoren (Anton, Virchow, Sander, Probst) gefunden wurde. Eine primäre Gliawucherung, Sklerose, verantwortlich zu machen, müsse dagegen gesucht erscheinen. Eine Entstehung der Mikrogyrie durch Meningoencephalitis superficialis (Oppenheim) und nach der Theorie von Jelgersma erkennt Goldberg nicht an. Für das letztere fehlt das schematische, für das erstere die Entzündung. Der Umstand, dass die Ausbildung der Mikrogyrie unverkennbar scharf abgegrenzte Rinderfelder betrifft, ist ein Anhaltspunkt dafür, dass keine frühzeitigen allgemeinen, sondern lokale, später zur Geltung gekommene Momente die Hauptrolle spielen.

Fälle vom Typus B.

1. **Reil.**

Dreissigjährige Frau, schwachsinnig, doch zu Botengängen brauchbar. Hydrops ventriculorum. Balken, Kommissura anterior und posterior, lamina cineria und Gyrus fornicatus fehlen. Fornix in zwei seitliche Hälften geteilt. Kommissura mollis vorhanden.

2. **Solly.**

Sechzehnjähriger schwachsinniger Knabe, der aber lesen konnte. Statt des Balkens ein häutiger Sack, der von der linken Hemisphäre ausgeht. Links fehlt das Crus posterior fornicis und ein Teil des Körpers. Kommissura mollis breit und dick.

3. **I. Clendinning.**

Zehnjähriges Mädchen von völlig normalem Geisteszustand. Der ganze Balken und der hintere Teil des Fornix fehlen. Kommissura mollis?

4. **Gauster.**

Fünfundzwanzigjähriger blödsinniger Epileptiker. Fornix normal. Hydrops ventriculorum. Kommissura mollis fehlt.

5. **Rokitansky.**

1. Fünfundzwanzig Jahre alter Pfründner.
2. An Tabes gestorben. Seit seinem 20. Lebensjahre nach Schreck epileptisch und allmählich blödsinnig.

3a. —, 3b. —. Vollständiger Balkenmangel. Seitenventrikel sehr gross, besonders die Hinterhörner. An der äusseren Seitenwand des rechten Hinterhorns mehrere erbsengrosse Plaques ($1^1/_2$ Zoll hoch hineinspringende, höckerige, unebene, wie aus sehr kleinen Gyri bestehende Inseln), Corpora mammillaria und Fornix waren vorhanden, ebenso eine dünne vordere Kommissur.

6. Foerg.

A.

1. 17 Jahre altes Mädchen.
2. Vollkommen blödsinnig von Geburt an.
3. Grosser, ungeformter Kopf. Arme und Beine sichelförmig gekrümmt. Skelett infolge früherer Rachitis und späterer Osteoporose ungemein verkrüppelt.
4. An den medialen Grosshirnseiten ist rechts namentlich im Parietal- und Occipitallappen ein abnormer unregelmässiger Typus, dagegen links Radiärtypus und der Parietalteil mikrogyrisch.
5. Kein besonderer Typus, nur rechts verlaufen parallel zur Fissura Sylvii und senkrecht zum unteren Rand des Stirnlappens 8 gut ausgeprägte Gyri.
6. Cuneus ist links länglich, keulenförmig.
7. Es hat eine sehr genaue und sorgfältige histologische Untersuchung stattgefunden. Höhlen sind erweitert. Fornix geht nicht zu den Corpora mammillaria, sondern zum Corpus striatum, internum, sowie in den Stirnlappen selbst ein.

   Thalamus opticus normal, nur nicht verbunden durch Kommissura mollis. Corpus striatum ist bis auf die Cauda, die bis zur Spitze des Unterlappens gut verfolgbar ist, rings von Mantelmasse umgeben, ähnlich dem Linsenkern. Bei der Freilegung des Corpus striatum wurden Foerg weisse, längsverlaufende Fasern sichtbar, welche zum Teil in das Corpus striatum, zum Teil in den Stirnlappen verlaufen. Foerg erklärt sie für den widernatürlich starken Fornix.

Fasersysteme.

1. Longitudinalbündel. Fornix und Zwinge mit ihrem Ammonshorn bilden ein gemeinschaftliches Ganze. Von diesen gehen strahlenförmige Ausläufer in: 1. den Sehhügel, 2. die Corpora mammillaria, 3. den Streifenhügel, 4. alle Randwülste der vorderen Lappen, 5. die vorderste und hinterste Abteilung des Oberlappens, 6. den Hinter- und Unterlappen vielleicht einige wenige Bündel durch das Ammonshorn.
2. Corona radiata normal.
3. Quere Fasern **oberhalb** der Zwinge von der Scheitelgegend des Oberlappens bis zu den Randwülsten der inneren Fläche, die nicht Fortsetzungen der Hirnschenkel sind, hält Foerg für Analoga der Balkenradiationen.
4. Linsenkern normal.
5. Bogenbündel normal.
6. Fibrae arcuatae normal.
   Ob eine seitliche Radiation der Kommissura anterior vorhanden ist, lässt Foerg unbestimmt.

B.

8. Foerg gibt keine Literaturübersicht.
9. —, 10. —.
11. Nur an einer Stelle.
12. —.
13. Als Entstehungszeit nimmt Verfasser den 4. Fetalmonat an. Die formale Genese ist nach Foerg folgendermassen: Das Primäre ist eine fehlerhafte Bildung der Kerne, speziell des Corpus striatum, von dem sich bei der normalen Entwicklung die Mantelfläche erhebt und sich halb ringförmig herumwulstet. Wenn also das Corpus striatum fehlerhaft ausgebildet sei, so müsste auch selbstverständlich Mantel und Balken, die davon ausgehen, Abnormitäten zeigen.
14. Ueber die kausale Genese sagt Foerg nichts.

7. **Poterin-Dumontel.**

1. 72jähriger Mann.
2. 3—4mal schnell vorübergehende Ohnmachten, wahrscheinlich epileptische Anfälle. Er war ziemlich geistesschwach, antwortete auf Fragen richtig, war zu Botengängen zu gebrauchen, konnte lesen und schreiben.

3b. —. Mässiges Oedem der Meningen, die Seitenventrikel sind enorm weit, das Marklager der Hemisphären ist auf eine dünne, weisse Lamelle reduziert. Es besteht mässige Asymmetrie, Komm. ant. et post vorhanden, ebenso Fornix, dessen Psalterium fehlt. Septum pellicidum fehlt

8. **Huppert.**

1. 27jähriger Mann.
2. Von frühester Kindheit an epileptische Anfälle. Im zweiten Jahre abnorme Bewegungen, schlägt sich mit der Faust an die Stirn. Lernte im 4. Jahre laufen und etwas undeutlich sprechen, dagegen nie lesen und schreiben. Alle sonstigen Bewegungen coordiniert. Keine Erregung des Gemütes, sondern stets apathisch. Hat einmal Variola gehabt, im übrigen häufig Durchfall und Erbrechen. Ante exitum Icterus und Ascites durch Lebercirrhose. Ungleichseitige Gesichtsinnervation.
3. Sektion ergibt die typischen Erscheinungen des Icterus. Mit Ausnahme des Hirnschädels, in dem keine Emissarien sind, graciler Körperbau.

3b. Hydrocephalus internus. Cysten im linken und rechten Stirnhirn. In der Ausdehnung der ersten und zweiten Stirnwindung bis zur Zentralwindung. Kommissura mollis rudimentär. Statt des Balkens eine Gewebsplatte über dem dritten Ventrikel. Kommissura ant. et post., ebenso die Fornixschenkel vorn erhalten. Aber verdrängt und zusammengedrückt. Die hinteren Fortsätze (Ammonshorn) wieder erhalten. Septum pellucidum fehlt. (Den mittleren Teil der Corpora fornicis hat Huppert wahrscheinlich in der Rindensubstanz nicht erkannt.

4. —, 5. —, 6. —.
7. Histologische Untersuchung hat stattgefunden. Aber nur an einigen Stellen. Hervorgehoben ist nur die Beschaffenheit der Platte, die den Platz des Balkens einnimmt. Floràhnliches löcheriges Aussehen, bläulich weisslicher Farbe. Aber doch derb und zähe, zugleich unregelmässig,

kleinhöckerig durch die an den Knotenpunkten der unregelmässigen engen Maschen entstehenden Verdickungen (Sklerose?).

B.

8. und 9. nur ganz kurz.
10. —, 11. —, 12. —.
13. Da die Platte sich hat bilden können, schliesst Huppert eine Hemmungsbildung aus und nimmt an, dass Hydrocephalus congenitus mechanisch die Zusammenschmelzung verhindert hat.

9. Malinverni. 40jähriger ziemlich intelligenter Mann, jedoch etwas unreinlich und melancholisch. Balken, Fornix, Gyrus fornicatus fehlen. Kommissura mollis?

10. Knox. Völlig blödsinnige 40jährige Frau. Balken (Balkenlängsbündel?) als Vorsprung markiert. Fornix und Septum pellucidum gespalten. Ventrikel kommuniziert mit den übrigen. Kommissura mollis fehlt. An der medialen Seite Radiärtyp, Randwindung fehlt. Konvexität entspricht der Norm.

11. Eichler.

A.

1. 43jähriger Mann.
2. War immer gesund bis zu seinem 42. Lebensjahr, wo er an einem Tumor testis erkrankte. Es trat Gangrän und Tod ein. Geistig hat er nie etwas abnormes gezeigt.
3. Die Sektion ergab: Ca. testis mit Metastasen in den retroperitonealen Lymphdrüsen und Mediastinaldrüsen, Hydronephrose rechts, Thrombrose der Vena cava inf. Lungenemphysem und Oedem, geringe Verdickung der Mitralklappe. Leichte Scoliose der Wirbelsäule. Schädel asymmetrisch sehr gross und breit. Verknöcherung der Hauptnähte.

3b. Im Gehirn zeigt sich statt des Balkens eine dünne durchscheinende Membran, welche die Decke des 3. Ventrikels bildet, der mit klarer Flüssigkeit angefüllt ist. Kommissura ant. et post. vorhanden, vom Fornix nur Reste. Es besteht Anlage des Septum pellucidum und Längswulst.

4. Die Windungen konvergieren gegen den Balkendefekt.
5. Konvexität entspricht der Norm.
6. —, 7 —.

B.

8. —, 9. —, 10. —, 11. —, 12 —.
13. Verfasser spricht von einer Hemmungsbildung, die schon früh im Fetalleben und nicht durch postfetale Krankheit entstanden ist. Die rechte Hemisphäre, an der sept. pell. und ein dem Balken entsprechender Wulst sich befindet, zeigt ungefähr den Zustand, wie wir ihn bei 18 wöchentlichen Feten beobachten können. Die störende Ursache muss daher wohl vor dieser Zeit eingewirkt haben.

12. Mangelsdorff.

A.

1. 50jähriger Mann.
2. Von Geburt an blödsinnig, aber nicht besonders hochgradig. Seine geistige Entwicklung die eines Knaben. Er fungierte viele Jahre als Hausknecht und starb an Pneumonie.

3. Die Sektion ergab: Asymmetrie der Brücke, hämorrhagische Myositis des Musculus longus colli, frische Pneumonie, partielles Lungenoedem, Bronchialkatarrh. Chalicosis pulmon., Tractionsdivertikel der Speiseröhre mit Perforation der Spitze. Trichocephalus dispar. Oxyuris vermicularis.
3b. Die weichen Hirnhäute sind im Niveau der Balkenoberfläche untereinander verwachsen, nach dessen Lösung sich eine $1^1/_2$ cm breite, ganz zarte, durchscheinende, von feinsten, weissen Linien durchzogene Membranen zeigt, die anscheinend gefässlos ist. Sie beginnt an der Kommissura ant. und reicht $3^1/_2$ cm weit nach hinten. Kommissura ant. vorhanden, Kommissura mollis fehlt, und Kommissura post. nicht deutlich markiert. Das Hinterhorn enorm ausgedehnt und mit Serum gefüllt. Unter- und Vorderhorn eng. An der Basis ist die Arachnoidea fleckig, sehnig getrübt. Am vorderen Rande der Brücke eine tiefe spaltförmige Öffnung. Arachnoidea der Med. obl. sehr stark pigmentiert und die Arterien stark dilatiert.
4. —, 5. —, 6. —, 7. —.

B.

8. Verfasser gibt ausführliche Literaturübersicht.
9. —, 12. —.
13. Verfasser nimmt für diesen Fall den 3. Monat als Termin für die Entstehung an, da in diesem Monat nach Tiedemann die Bildung des Balkens am vorderen Ende beginnt. Hydrocephalus int. hat nach Mangelsdorff das Wachstum der Kommissuren verhindert.

13. Anton.

A.

1. 7monatlicher Fetus, weiblich.
2. Klinische Diagnose: Debilitas congenita.
3. Sinus mit dunkelflüssigem Blut angefüllt In den Ventrikeln reichlich klar gelbliche Flüssigkeit. Ecchymosen auf der Lungenoberfläche.
4. Die mediale Fläche des Grosshirns ist durch Fissura calcarina und parietooccipitalis, parietofrontalis und durch einen tiefen Spalt, der zwischen den beiden letztgenannten Furchen liegt, in 4 kielförmige Abschnitte geteilt. Fissura parietooccipitalis und calcarina laufen parallel, letztere teilt die Occipitalspitze.
5. An der konvexen Fläche verläuft die Fissura Sylvii steil und ist rudimentär, wie auch die Inselwindungen kaum angedeutet sind. Die Windungen konvergieren auf den Scheitel. Zwischen Scheitel- und Hinterhauptslappen ist eine sattelförmige Vertiefung.
6. Cuneus ist zungenförmig.
7. Histologische Untersuchung: Ventrikel enorm weit. Nervus Lancisi setzt sich als selbständiger Faserzug fort und verschwindet in den oberen Teilen der Fascia dentata. Der erste Teil des Nervus Lancisi ist der Anfangsteil des Gyrus fornicatus. Kommissura ant. et fornicis fehlen. Kommissura mollis vorhanden. Auch Med. obl. und Rückenmark ist histologisch untersucht und auf abnorme Entwicklung der Pyramidenstränge hingewiesen.

B.

8. Anton gibt nur eine kleine Literaturübersicht.
9. —, 10. —.

11. Berichtet, dass die Marsupialia keinen Balken haben.
12. —.
13. Als Entstehungszeit wird Ende des 3. bis Mitte des 4. Fetalmonats angegeben, da Sept. pell. (3. Fetalmonat) angedeutet ist. Als Ursache gibt Verfasser Druckwirkung infolge Hydrocephalus internus an.

14. **Anton.**

A.

1. 14 Tage alter Knabe.
2. —.
3. Hydrocephalus externus, Cheilognatopalatochisis bilateralis. Infractio femoris dextra (intrauterina) sanata. Pneumonia lobularis bilateralis, Meningocele cerebralis.
4. Mediale Fläche des Grosshirns zeigt Radiärtypus. (5 tiefe Furchen.)
5. An der Konvexität ist infolge der Mikrogyrie und atypischer Gestaltung nur die Fissura Sylvii wiederzuerkennen, deren beide Aeste senkrecht aufeinanderstehen. Nervus opticus kommt oberhalb der Fissura Sylvii aus der Gehirnmasse heraus. Die Basis ist sehr undeutlich zu erkennen. Corpora mammillaria fehlen.
6. Cuneus ist keilförmig und med. nicht durch Fissura parietoccipitalis begrenzt, da diese sich nicht mit der Fissura calcarina vereinigt.
7. Verfasser gibt eine ausführliche Beschreibung der histologischen Untersuchung. Es wird auch ein frontooccipitales Bündel genannt als Randbogen. Alle Fasermassen scheinen in den grossen Massen des Streifenhügels, Linsenkerns und Sehhügels zu enden, der Zug der inneren Kapsel also zur Stabkranzfaserung gar nicht vorhanden zu sein.
8. Anton gibt keinen Literaturbericht, sondern verweist auf den zweiten Teil seiner Arbeit, wo eine solche gegeben werden soll.
9. Kurz.
10. Anton hat Untersuchungen angestellt an 4 und 9—$10^1/_2$ cm langen Feten
11. —, 12 —.
13. Die Entstehung setzt Anton in den 4. Fetalmonat. Die Embryonalfurchen seien wieder verschwunden, aber es hätten sich gleichartige ausgebildet im 4. Fetalmonat, da später keine Fetalfurchen entstehen. Als Genese kommen in Betracht: 1. Aeusserer Insult (Fall der Mutter am Ende des 3. Fetalmonats, wo auch die intrauterine Femurfraktur erfolgte und die darauf folgenden Uteruskrämpfe. 2. Hydrocephalus internus mit anschliessenden Verwachsungen.

15. **Onufrowicz.**

A.

1. 37jährige Frau.
2. Von Geburt an blöde, so dass sie nicht einmal lesen gelernt hat.
3a. Verkümmerte Hände und Klumpfüsse, Skoliose der Wirbelsäule.
3b. Gehirn symmetrisch im ganzen verkleinert. Ausser dem Fehlen des Bulpus olfactorius entspricht der innere Aufbau der Norm.
4. An der medialen Hemisphärenfläche fehlt der Gyrus fornicatus. Es besteht Radiärtypus und im Hinterhauptslappen ein ganz abnormer Verlauf der Windungen.
5. An der Konvexität normale Furchung, so weit die primären Furchen in Frage kommen.

6. Cuneus ist keilförmig, jedoch mit abgestumpfter Spitze, da Fissura calc. und parietooccipitalis sich nicht vereinigen.
7. Histologische Untersuchung hat stattgefunden an 300 Querschnitten vom Sept. pell. bis gegen das hintere Drittel des Unterhorns. Es hat sich hierbei ergeben: Trotz des Balkenmangels ist die Balkentapete vorhanden. Der eigentliche Balkenforceps fehlt, während der laterale Fortsatz des Forceps stark entwickelt ist. Onufrowicz schliesst daraus, dass die Faserung der Balkentapete nicht zum Balken gehört, sondern zu den längeren Assoziationsfasersystemen einer Hemisphäre gerechnet werden muss. Durch das Fehlen der Balkenstrahlung wird ein Assoziationsfasersystem des Stirnlappens zum Hinterhauptslappen sichtbar. Im Hinterhauptslappen wird dieses Bündel dargestellt durch die Balkentapete und den lateralen Fortsatz des Balkenforceps. Onufrowicz bezeichnet es mit Frontooccipitalis-Assoziationsbündel oder wahrer Fasciculus longitudinalis superior. Die Komm. ant. ist nach Onufrowicz der Balken für die Schläfenlappen.

B.

8. Verfasser gibt ausführliche Literaturübersicht.
9. Nur in bezug auf die Balkenanlage.
10. —, 11. —, 12 —.
13. Nach Onufrowicz handelt es sich um eine Hemmungsbildung.

16. Kaufmann.

A.

1. 24jähriges Mädchen.
2. Soll im 4. Lebensjahr gestürzt sein und seit dem Fall in ihrer geistigen Entwicklung zurückgeblieben sein. Sie ist nie ganz gesund gewesen und hat oft Erbrechen gehabt. Keine psychischen Alterationen. Kurz vor dem Tode epileptiforme Anfälle (18 in einer Nacht), eine linksseitige Lähmung einen Tag vor dem Tode. Die Sprache leicht haesitierend.
3. Wachsbleiches Mädchen mit sehr starker rechtsseitiger Kyphoscoliose beiderseitiger chronischer Nephritis, linksseitiger Herzhypertrophie mit Dilatation. Starke Dilation des rechten Ventrikels. Im Herzbeutel und Pleurahöhle reichliches Transsudat. Atrophische Stauungsmilz, Stauungsleber mit geringer Atrophie, mässige Oedeme an den unteren Extremitäten und Handrücken.

3b. Gehirn im ganzen verkleinert. Pia leicht oedematös und verdickt. Bei der Herausnahme entleert sich eine bedeutende Menge wasserklare Flüssigkeit. Im Grunde der Fissura pallii wölbt sich eine piaähnliche Membran leicht hervor. Im Gebiet des Stirnlappens besteht eine feste Verklebung der medialen Hemisphärenlappen. Die Dura und Pia adhaerend und feste Verklebung der Pia mit der der anderen Seite. Kommissura ant. rudimentär. Chiasma mächtig entwickelt. Kommissura med. fehlt. Kommissura post. vorhanden. Sept. pell. fehlt, aber eine Analogon in Form einer verdünnten Stelle von Faserbündeln, die parallel dem Verlauf des Gewölbes gehen, und zwar nur links, während rechts an derselben Stelle ein Bündel von grosser Mächtigkeit vorhanden ist, welches nach allen Richtungen Strahlen aussendet. Nervus Lancisii nicht vorhanden.

4. Kein deutlicher Radiärtypus, aber die Furchen konvergieren gegen den Balkendefekt. Gyrus fornicatus ist nicht wie bei Onufrowicz durch radiäre Furchen in einzelne Bestandteile zerlegt, sondern nur im Anfang als dünner Wulst sichtbar. Durch abnorm weit vorn stattfindendes Aufsteigen der Fissura callosomarginalis ist der Präcuneus sehr gross. Fissura parietooccipitalis ist sehr deutlich und reicht $1^1/_2$ cm weit in die Konvexität der Hemisphären hinein. Fissura calc. nur angedeutet. Rechts sind grössere Abweichungen vorhanden, aber im ganzen ähnlich wie links. Nur Praecuneus ist nach vorn offen.
5. Während an der linken Konvexität Zentral- und andere Furchen unverkennbar sind, ist der Windungstypus rechts abnorm und die Orientierung sehr schwer.
6. Cuneus links ganz abnorm. Er hat einen Stiel von durchweg oberflächlichem Verlauf, der als eigene Windung ausgebildet ist und an der unteren hinteren Kante des Praecuneus inseriert, allerdings durch eine tiefe Furche von demselben abgesetzt. Er sieht aus wie zum Praecuneus gehörig. Rechts: Nur nach vorn deutlich abgegrenzt, nach hinten zum Teil durch Fissura calc., die nicht bis zur Occipitalspitze verläuft. Es findet schon vorher eine Verschmelzung mit der Zungenwindung statt, die als Fortsetzung der Hakenwindung erscheint wie normal.
7. Histologische Untersuchung hat an Frontalschnitten stattgefunden.

Besondere Beachtung wird dem frontooccipitalen Assoziationsbündel geschenkt, das von dem Stirn- bis zum Hinterhauptshirn zieht und teilweise mit Fornixfasern etc. in Verbindung steht.

Dann hebt Kaufmann besonders hervor, dass das Tapetum der alten Autoren, das bis dato allgemein als Teil des Balkens betrachtet wurde, gar nichts mit dem Balken zu tun habe, sondern zu dem wahren Fasciculus longitudinalis sup. gehört.

B.

8. —, 9. —, 10. —, 11. —, 12. —.
13. Nach Kaufmann hat in diesem Falle die Bildung des Balkens nie begonnen und der Beginn der Entwicklungsstörung ist in die Zeit zwischen Ende des 3. und Mitte des 4. Fetalmonats zu legen, bedingt durch Hydrocephalus int.

17. Probst.

A.

1. 15jähriger Jüngling.
2. Von Geburt an idiotisch. Kontrakturen der Beine. Sprachvermögen ist nicht zur Entwicklung gekommen. Tags über, besonders morgens, epileptische Anfälle. Mit dem Kopf führte er wiegende Bewegungen aus, schrie ohne Grund und biss sich in den Unterarm. Salivation. Adduktoren der Oberschenkel und Beuger der Unterschenkel springen stark hervor. Extremitäten im übrigen atrophisch. Stirn hoch, Schädel gross (50 cm Umfang).
3. Körper sehr klein, Muskel und Fettpolster sehr stark geschwunden. In den Bronchien schaumig blutige Flüssigkeit. Im Herzbeutel ein Esslöffel seröser Flüssigkeit. Herz schlaff. Rechter Ventrikel von Fett um-

wachsen. Sehr verfettete und grosse Niere. Milz gelappt, schlaff. Pulpa braun.

4. Die Windungen an der medialen Fläche der Grosshirnhemisphären stellen plumpe Windungszüge dar, die etwa 2—3 cm ohne Nebenäste gegen den Ventrikelschlitz in radiärer Richtung ziehen. Die den Parazentrallappen entsprechenden Windungen zeichnen sich durch besondere Plumpheit aus, laufen aber gegen den Ventrikelrand in ein Convolut von mikrogyrischen Windungen aus. Auch der Gyrus frontalis superior zeigt im beschränkten Masse mikrogyrischen Typus. Auffällig ist noch, dass der Ventrikelschlitz sowohl im Stirn- als auch Hinterhauptslappen sich gleichsam fortsetzt in eine horizontal verlaufende tiefe Furche, Gewölbe, Kommissura ant. sept. pell. und Kommissura mollis fehlen.
5. Die konvexe Fläche der rechten Hemisphäre zeigt wenig gestörte Verhältnisse. Gyrus centralis ant. ist ausserordentlich plump. Im Gyrus centralis post. befindet sich ein kleiner mikrogyrischer Bezirk von dreieckiger Umgrenzung und ungefähr 1 cm Seitenlänge. Die linke Hemisphäre dagegen zeigt ganz abnorme Verhältnisse. Zentral- und Sylvische Furche klaffen weit und gehen unmittelbar ineinander über. Im übrigen wechseln plumpe Windungen mit mikrogyrischen Partien ab.
6. Cuneus ist links durch eine seiner Richtung nach wie Fissura calc. verlaufende Furche in zwei Teile geteilt, von denen der hintere Teil mikrogyrisch ist.
7. Erwähnenswert ist ein Frontalschnitt, der den Nervus opticus und Mandelkern getroffen hat. Hier ist von Interesse die Markmasse lateral und dorsal vom Fornix, die von Onufrowicz als Assotation fronto-occipitalis beschrieben ist. Sie liegt da, wo normal der Balken unter dem Gyrus fornicatus hinwegzieht. Es sind hauptsächlich sagittal verlaufende Fasern, einige sind auch schief und längs getroffen. Letztere strahlen von der oberen Stirnwindung ein. Die zweite Stirnwindung und teilweise vordere Zentralwindung bilden ein mikrogyrisches Convolut bis zum Schleifenkern, dazwischen nur dünne Markschicht.

B.

8. **Probst** gibt eine sehr ausführliche Literaturübersicht und berichtet auch über
9. embryologische Entwicklung.
10. Durch seine Untersuchungen hat er nachgewiesen, dass das Balkenlängsbündel im normalen Gehirn nicht vorkommt, und die Hypothese von Sachs erhält durch seine Untersuchungen eine sichere Grundlage. Die Theorie von Forel-Onufrowicz verwirft Probst.
11. —, 12. —.
13. Verfasser trennt nicht scharf formale und kausale Genese. Die Störungen in der Entwicklung und Wachstum der grauen Substanz, welche die Mikrogyrie und Heterotopi der grauen Substanz bedingen und das Wachstum der Nervenfasern hinderten, sind nach Probst auch die Ursachen des Balkenmangels. Normalerweise sollen nach Probst die Balkenfasern von den Pyramidenzellen, deren Collateralen sie dar-

stellen, zur medialen Linie wachsen. Nach Vogt liegt eine schwere primäre Missbildung bei diesem Falle vor. Der Balkenmangel gehört aber nicht zu diesem Symptom unmittelbar, da keine Agenesie besteht. Die Weiterentwicklung des Balkens ist später gehemmt. Es handelt sich also nach Vogt um einen gemischten Fall.

18. Banchi.

Banchi erörtert wohl in seiner vorzüglichen Arbeit alle in meinem Schema aufgestellten Fragen. Jedoch ist bis jetzt noch keine Uebersetzung oder ein Referat in deutscher Sprache erschienen, so dass es mir nur möglich war, einige Fragen nach den Abbildungen zu beantworten.

4. Radiärtypus, der namentlich rechts sehr ausgesprochen ist und dem Fall aus dem hiesigen Pathologischen Institut sehr ähnelt.
5. An der Konvexität sind rechts die Verhältnisse annähernd normal, so dass an der ganzen äusseren Fläche sämtliche Furchen und Windungen deutlich zu erkennen sind. Auch links sind die Gyrie von annähernd normal verlaufenden Furchen gut begrenzt. Nur die Sylvische Furche ist nicht so einheitlich wie rechts. Auch an der Basis sind die Furchen rechts deutlicher als links.
6. Cuneus rechts keilförmig, links schmal und lang.
7. Histologische Untersuchung hat an Serienschnitten (50 μ) stattgefunden und grosse Sorgfalt ist dem vielumstrittenen Längsbündel gewidmet.
8. Verfasser gibt eine sehr ausführliche Literaturübersicht.

19. Marchand. A.

1. 20jähriges Mädchen.
2. Sinnesorgane intakt. Im cerebrospinalen wie peripherischen Nervensystem keine Abnormitäten. Sie soll aber wenig intelligent gewesen sein, und öfter Störigkeit, ja Irresein gezeigt haben. Konnte lesen und schreiben.
3. Die Sektion ergab als Todesursache eine ulceröse Kaverne im linken Oberlappen und eine ausgedehnte frische lobuläre Pneumonie in der rechten Lunge. Ferner war der rechte Ventrikel hypertrophisch und das Herzfleisch fettig degeneriert. Im Ligamentum latum fanden sich einige accessorische Nebennieren.
4. Mediale Fläche der rechten Hemisphäre zeigt exquisiten Radiärtypus. Sie ist von einem System von im ganzen 9 Radiärfurchen durchzogen, zwischen denen fächerartig angeordnete Windungen liegen. Die mediale Fläche der linken Hemisphäre entspricht im ganzen der rechten. Nur Fissura parietooccipitalis verläuft zuerst horizontal, steigt dann schräg nach aufwärts, ohne den Rand zu erreichen und wendet sich dann nach abwärts. Die Fissura calc. folgt diesem Lauf.
5. An der konvexen Fläche der Hemisphären fällt der geringe Windungsreichtum auf. Die ganze Anordnung der Windungen weist nach Marchand darauf hin, dass die konvexe Fläche gewissermassen eine Verschiebung nach der Mittelspalte hin, eine Art Einrollung erlitten hat, welche durch den Defekt des Balkens und den dadurch frei gewordenen Raum an der medialen Fläche bedingt ist. Daher erklärt sich auch das

Offenbleiben der Fissura Sylvii, die mangelhafte Ausbildung des Operculums und die Verschiebung der ersten Hinterhauptswindung.

6. Der Cuneus ist rechts ziemlich schmal, links eigentümlich hakenförmig entsprechend dem Verlauf der Fissura parietooccipitalis.
7. Es sind Serienschnitte angefertigt, die sich aber schlecht färbbar erwie en und von denen ein grosser Teil verloren gegangen ist. Marchand macht besonders auf ein Faserbündel aufmerksam, das sich auf dem Frontalschnitt dicht über dem Seitenventrikel als ein rundliches Gebilde präsentiert, welches durch bogenförmige Fasern in einzelne Blätter und Bündel gesondert ist. In der Gegend der Foramen Monroi ist es mit dem darunterliegenden Fornix innig verbunden. Fornices sind normal entwickelt, hängen aber in der Mitte nicht zusammen. Onufrowicz und nach ihm Kaufmann halten die Fasermasse für die normalen sagittal verlaufenden Faserbündel, die nur bei fehlendem Balken deutlich hervortreten. Marchand ist der Ansicht, dass diese Fasermasse nicht einem normalen Faserzuge entspricht, sondern aus Fasern besteht, welche in normalem Gehirn von einer Seite zur anderen ziehen. Sachs hat dieselbe Meinung geäussert. Bei Balkenmangel wird der Forceps von Fasern gebildet, welche zunächst in normaler Weise verlaufen, dann aber mit den anderen Fasern in der Längsrichtung nach vorn ziehen.

B.

8. Marchand greift an mehreren Stellen auf frühere Autoren zurück.
9. Referiert über embryologische Entwicklung,
10. die er selbst angestellt hat, aber auch über solche anderer Autoren.
11. —, 12 —.
13. Marchand erörtert die formale Genese. Die Entstehung muss in der Zeit gesucht werden, wo die Anlage des Balkens noch gar nicht vorhanden ist, also im 3. Fetalmonat. Bei Balkenmangel handelt es sich nicht um eine Neubildung, sondern um eine Umbildung mit partiellem Defekt. Es sind schon von dem 3. Fetalmonat Ursprungszellen des Balkens angelegt, und die Balkenfasern entwickeln sich nur in anderer Richtung als normal, wie bei den Doppelmissbildungen (Janus.). Die Ursache aber in der Richtungsänderung ist in dem Ausbleiben der Verwachsung beider Hemisphären zu suchen, die ja auch eine besondere Ursache haben muss, vorläufig aber als Bildungshemmung bezeichnet werden kann. Eine primäre Ursache, wie mechanische Hemmung durch Verdickung der Häute (Virchow) oder Cysten (Goldberg) ist nach Marchand eine vollständig unhaltbare Annahme.

Bei partiellem Balkenmangel, wo das vorhandene Balkenrudiment ganz dem Zustande der Balkenanlage im 4. Fetalmonat entspricht, behauptet Marchand, dass es sich um Hemmungsbildung handelt. Im übrigen unterscheidet Marchand:

1. Primäre Missbildung. (Abweichend in der ersten Bildung des Organs.)
2. Sekundäre Missbildung. (Die schon vorhandene Anlage ist zerstört.)

Die Ansicht, dass infolge Balkenmangel eine hydrocephalische Erweiterung der Seitenventrikel eintreten muss, verwirft Marchand, da

bei seinen Fällen keine Erweiterung, ausser einer mässigen der Hinterhörner vorhanden ist.

20. Stoecker.

A.

1. 18jähriger Jüngling.
2. Klinische Erscheinungen zeigten sich nur in bezug auf Affekt und Gemüt von Geburt an. Im 16. Jahre trat ein Rückschritt seiner geistigen Fähigkeiten ein. Er erblindete total (Sehnervenatrophie) und bot die psychischen und somatischen Symptome der progressiven Paralyse.
3. Die Obduktion ergab: Infantiler äusserer Habitus, infantiler Typus der inneren Organe.

3a. Hydrocephalus ext. et int. Es fehlt im Gehirn nur der Balken, während Kommissura ant. med. et post. vorhanden sind.

4. An der medialen Fläche ist der Radiärtypus am deutlichsten an den mittleren und hinteren Partien. Gyrus fornicatus fehlt. Ebenso das Sept. pell. Die Mehrzahl der radiären Furchen mündet frei in die grosse Hirnspalte. Die mediale Fläche ist von der Mantelhaube bis herunter zum Thalamus von dicken Hirnwindungen gebildet. Fissura parieto-occipitalis und calcarina laufen parallel nach vorn und unten.
5. Die Windungen der Konvexität sind reichlich gegliedert und ohne wesentliche Abnormitäten.
6. Cuneus länglich.
7. Das Gehirn ist in eine ziemlich lückenlose Serie von Frontalschnitten (80 Mikra) zerlegt worden. Hierbei hat sich herausgestellt, dass sich an Stelle des mächtigen Kommissurensystems des Balkens ein ausgedehntes Längsfasersystem befindet. Dieses entspricht in seinem Verlauf und Lagebeziehungen den unter „Frontooccipitalis Associationsbündel“ und „Balkenlängsbündel“ von anderen Autoren beschriebenen Fasern, dann aber auch nach Stoecker dem normalen Balkenanteil innerhalb der Hemisphären. Fornixschenkel und Säule bleiben getrennt. Gyrus fornicatus eine breite Windungsmasse, welche beiderseits an die grosse Längsspalte reicht. Die Erweiterung des Seitenventrikels ist hochgradig, was sich nach Stoecker aus der Kombination mit fortgeschrittener progressiver Paralyse erklärt.

B.

8. Stoecker verweist auf die Literaturübersicht von H. Vogt.
9. —, 10. —, 11. —, 12. —.
13. Verfasser sagt nichts über die Genese des Balkendefektes. Das Balkenlängsbündel hält er für etwas Praeformiertes (also keine Heteropie) wegen der konstanten Regelmässigkeit mit der es in allen Fällen von Balkenmangel auftritt, wo keine wesentlichen Aufbaustörungen im Gehirn sich zeigen. Auch im normalen Balken verlaufen nach Stoecker Längsfasern. Klieneberger, der diesen Fall klinisch beschrieben hat, nimmt Stellung zu den Fragen 13 und 14, lässt es aber unentschieden, ob Hinderung in der Entwicklung durch die Lues, oder ob der Hydrocephalus internus zum Balkenmangel geführt hat.

In der Literatur sind noch die Fälle von Klob, Kollmann, Gaddi, Christie, Palmerini, di Lorenzo, Calori, Denny, Bruce, Dunn, Urquhart, Ecker, Marchand angeführt. Jedoch lagen nur die Arbeiten in einem kurzen Referat vor, so dass eine Einreihung unter eine bestimmte Gruppe nicht möglich war.

Als Anhang habe ich dann noch die neuesten Fälle von partiellem B. M. von Arndt und Sklarek und von Groz nach meinem Schema bearbeitet. Denn einmal haben diese Arbeiten grosse wissenschaftliche Bedeutung, weil gründliche histologische Untersuchung stattgefunden hat, und dann sind diese Fälle wichtig als Uebergangsfälle zwischen den Fällen mit totalem Balkenmangel Typus B und normalen Gehirnen.

Zwei Fälle von partiellem Balkenmangel.

1. Arndt und Sklarek. A.

1. 15jähriges Mädchen.
2. Im 2. Lebensjahr 3—4 Krampfanfälle, seitdem nie wieder. Mit 4 Jahren lernte sie sprechen, war stets geistig anormal und kam mit 6 Jahren nach Dalldorf. Sehnenreflexe gesteigert und Spasmen an den unteren Extremitäten. Litt häufig an Phlyktänen, Magen- und Mittelohrkatarrh. Starb an Siebbeinempyem und Aspiration der eitrigen Masse.
3. Bei der Sektion fand sich nur trübe Schwellung des Herzfleisches, der Niere und Leber, und die Siebbeinzellen waren mit Eiter gefüllt.
4. An der Gehirnoberfläche fand sich an keiner Stelle ein besonderer Typus oder ausgeprägte Mikrogyrie. Die einzelnen Windungen sind gut entwickelt. Ein dem Gyrus fornicatus entsprechender Windungszug ist vorhanden, weicht aber von der Norm ab. Von Kommissuren ist vorhanden:
   1. Meynertsche Kommissur.
   2. Balkenfaserquerbündel (dorsoventral 2—1 mm, frontooccipitalis 3 mm) Corpora mammillaria, med. und lat. Sehhügelkern und Aquaeductus Sylvii.
7. Histologische Untersuchung hat an Serienschnitten (75 Mikra) stattgefunden. Dabei ergaben sich folgende Abweichungen von der Norm:
   1. Querfaserung des Balkens fehlt. Nur 2 mm dickes Faserbündel verbindet beide Hemisphären, wo sonst das Knie liegt.
   2. Balkenlängsbündel (Probst) zieht dorsomedial vom Seitenventrikel, vom Stirn- zum Hinterhauptslappen und bildet das Tapetum des Hinter- und Unterhorns des Seitenventrikels.
   3. Aus dem Balkenlängsbündel treten während des ganzen Verlaufes Fasern zu den verschiedenen Hirnwindungen.
   4. Die rudimentären Balkenquerfasern gehen in die neutrale Kante des Balkenlängsbündels über und verlieren sich in der Masse.

5. Fornixschenkel verlaufen getrennt aber in enger Verbindung mit ventraler Kante des Balkenlängsbündels.
6. Der rückwärts verlaufende Schenkel der Kommissura ant. ist jederseits unter dem Linsenkern zu verfolgen. Die quere Verbindung dieser Schenkel vor den aufsteigenden Fornixsäulen fehlt. Es fehlt also die eigentliche Kommissura anterior.

B.

8. Arndt und Sklarek geben ausführliche Literaturübersicht.
9. Referieren über embryologische Entwicklung, in der sie mit Mihalkowicz einer Ansicht sind.
10. —, 11. —, 12. —.
13. Formale Genese: Arndt und Sklarek halten den Balkenmangel für eine Hemmungsbildung und ziehen vergleichend die Brust-, Bauch- und Blasenspalte heran, wo auch die Organe auf einer frühen Stufe der Entwicklung stehen geblieben sind.
14. Scheinen innere Ursachen anzunehmen.

2. Groz.

A.

1. Neugeboren, männlich.
2. —, 3. —.
4. An der medialen Fläche des Grosshirns fehlen Septum pell., Fornix, Kommissura mollis, Gyris fornicatus und sulcus callosomarginalis. Ein Balkenrudiment entspricht dem genu corporis callosi. Die mediale Fläche ist radiär gestreift durch 5 tiefere bis zum queren Gehirnspalt reichende Furchen. Auch die beiden letzten, Fiss. parietooccipitalis und Fiss. calc. laufen getrennt bis zum Gehirnspalt.
5. An der Konvexität sind an Stirn- und Hinterhauptslappen, aber auch an der medialen Fläche, zahlreiche und kleine Windungen vorhanden. Am Schläfen- und Scheitellappen fehlen die typischen Windungen. Sulcus ventralis reicht bis in die Fissura Sylvii. Die Basis ist weniger beteiligt, zeigt aber auch namentlich im Orbitalteil starke Mikrogyrie.
6. Cuneus von länglicher Gestalt.
7. Bei der histologischen Untersuchung finden sich: Cysten, Blutungen, Hyperaemie, Gliawucherungen, geringe Grösse und Zahl der Pyramidenzellen, die zum Teil im Zustand der Degeneration sind. Kleinzellige Infiltrate um einige kleine Gefässe herum, destruierende Bindegewebswucherung in der Umgebung grösserer Gefässe. Verbacken von Windungen durch verdickte Piasepten. (Diffuse haemorrhagische Encephalitis unter Beteiligung der Pia mater und des Ependyms der Seitenventrikel.) Balkenlängsbündel nicht vorhanden. (Unkenntlich durch jahrelange Konservierung?)

B.

8. Groz gibt kurzen Literaturbericht.
9. Nur teilweise.
10. —, 11 —, 12 —.
13. Formale Genese. Groz nimmt an, dass es sich bei seinem Falle um Hemmungsbildung handelt. Der Zeitpunkt der den Balken in seiner

Entwicklung aufhaltenden Ursache sei im Anfang des 4. Fetalmonats zu suchen. Denn der Balken beginnt sich im 3. Fetalmonat anzulegen in dem Teil, der sich später als Genu corp. callos. darstellt. Die radiäre Furchung besteht noch Ende des 3. Fetalmonats, um dann mit Ausbildung des Balkens zu verschwinden, Fissura parietooccipitalis und calcarina bleiben bestehen. Im 4. Fetalmonat bilden sich Gyrus fornicatus und sulcus calloso-marginalis. Auch an dem Entwicklungsstadium der Fissura Sylvii sei zu ersehen, dass die Zeit, in der die Oberflächengestaltung im normalen Verlauf innehielt, in der ersten Hälfte des Fetallebens gelegen sein muss.

Die Gesetzmässigkeiten dieser Form der Missbildung des Zentralnervensystems haben zu theoretischen Erörterungen und Schlüssen auf allgemeine Gesetze der Organentwicklung geführt und werden noch weitere Aufklärung bringen, wenn sich die Zahl der Gehirne mit Balkenmangel um das Doppelte und Dreifache vergrössert hat. Es ist daher wichtig, dass alle sezierten Gehirne mit Balkenmangel morphologisch und histologisch untersucht und beschrieben werden. In dieser Beziehung dürfte auch ein Fall von totalem Balkenmangel aus dem Rostocker Pathologischen Institut günstig gestaltet sein, dessen Benutzung Herr Professor Dr. Schwalbe mir gütigst gestattet hat. Ich habe nur den äusseren Bau des Gehirns beschrieben, die histologische Untersuchung soll später stattfinden.

Der Fall betrifft ein 19jähriges Mädchen, Kellner, aus dem Idiotenheim Lewenberg i. M. Klinisch war nur in Erfahrung zu bringen, dass von Geburt an Schwachsinn und kurz vor dem Tode die Symptome einer Basisfraktur vorhanden waren.

Die Sektion fand am 7. Februar 1912 statt und ergab folgendes:

Leiche eines 19jährigen Mädchens mit dem äusseren Aussehen eines 14—15jährigen. Schamhaare vorhanden; in den Achselhöhlen keine Haare. Brustdrüsen vorhanden. Kopfhaarwuchs, besonders der vorderen oberen Schädelbezirke sehr dünn. Augenbrauen nicht buschig; treffen in der Mittellinie nicht zusammen. Nase ohne auffällige Bildung. Ohrläppchen nicht ausgebildet. Schädelbau ohne Besonderheiten. Ernährungszustand gut. Leichenstarre und Leichenflecke vorhanden. Das rechte Augenlid erscheint leicht haemorrhagisch infiltriert.

Brusthöhle:

Pleura der Lungen frei. Pleurahöhlen leer. In den Lungen nirgends fremde Einlagerungen. Das Gewebe blutreich, die unteren Teile sind beiderseits fester und dunkler, Luftgehalt nirgends aufgehoben. Die Bronchien sind sehr stark gerötet und mit Schleim bedeckt. Die Rötung setzt sich fort bis in die Trachea, die bis zum Kehlkopf die gleiche Rötung zeigt.

Herz von gehöriger Grösse. Muskelfleisch fest, braunrot, ohne Einlagerungen. Herzklappen intakt. An den Papillarmuskeln des linken Ventrikels mehrere abnorme Sehnenfäden vorhanden.

Brusthöhle:

Milz etwas vergrössert, Gewebe nicht sehr erweicht, aber mit dem Messer abstreichbar. Farbe dunkelgraurot.

Leber von gehöriger Grösse, Kapsel glatt, Gewebe leicht gefeldert. Konsistenz nicht vermehrt. In der Gallenblase cr. 2 Esslöffel brauner Galle.

Pankreas, Nebennieren o. B., nicht vergrössert. Magen und Darmschleimhaut zeigen keine Veränderungen. Im Dickdarm fester Stuhl von gewöhnlicher Farbe.

Nieren ohne hervortretende fetale Lappung. Gewebe etwas derb von blau-rötlicher Farbe, Kapsel leicht abziehbar.

Beckenorgane:

Blase und Mastdarm ohne krankhafte Erscheinungen. Uterus hat in der Fundushöhle eine Einsenkung, so dass die Form eines Uterus bicornis angedeutet ist. Ovarien sehr gross, enthalten einige cystische Hohlräume. Vagina ohne Besonderheiten.

Schädelhöhle:

Das Schädeldach ist sehr dünn, besonders an den Stirnregionen. Nahtgegenden durchscheinend. Die weichen Kopfdecken ohne blutige Durchtränkung. Die Dura ist mit der inneren Schädeldecke verwachsen. Sinus longitudinalis leer. Die Dura ist in der Gegend der Occipitalschuppe und beiderseits bis zur hinteren Fläche des Scheitelbeins abgehoben, der entstandene Raum mit Blutcoagula und noch flüssigem schwarzroten Blut gefüllt. Es kann nirgends eine Fraktur oder ein Riss in den Knochen des Schädels gefunden werden. Die Gruben und Juga der Schädelbasis sind auffallend scharf ausgeprägt.

Gehirn auffallend gross. Gewicht 1600 gr. Die weichen Häute sind klar und durchsichtig. In der Occipitalgegend ist die Gefässfüllung stärker, und hier finden sich einige kleine Blutaustritte. Die Kanten der Hemisphären sind ziemlich scharf. Gehirnmasse fest und etwas rigid. D e r B a l k e n f e h l t v o l l s t ä n d i g.

Die Hemisphären werden an der Unterseite nur durch dünnes durchsichtiges Bindegewebe verbunden. Die Ventrikel sind nicht besonders erweitert. Nur die hinteren Abschnitte der Seitenventrikel sind etwas erweitert, ohne dass jedoch die Erweiterung hochgradig zu nennen wäre.

Kleinhirn o. B. Hypophysis nicht vergrössert. Im linken mittleren und inneren Ohr eine schleimig-eitrige Flüssigkeit.

Anatomische Diagnose:

Extradurales Haematom der Schädelbasis und Occipitalregion,
Vollkommener Balkenmangel,
Uterus bicornis,
Abnorme Sehnenfäden der Papillarmuskeln,
Otitis media chronica sinistra.

Nach der Sektion wurde das Gewicht 1600 gr festgestellt und die Masse bestimmt. Die linke und die rechte Hemisphäre

haben beide eine Länge von 19,5 cm. Die Höhe beträgt links 9,5 cm und rechts 8 cm. Von dem Verlauf der Arterien ist bemerkenswert, dass eine grosse der Arteria cerebri anterior entsprechende Arterie in einer abnormen Furche vor dem Zwischenhirn verlief. Es wurde das Gehirn dann sofort in Müllersche Flüssigkeit gelegt, um jedwede Veränderung, so weit wie eben möglich, fernzuhalten. Von der technischen Mitarbeiterin des Instituts, Fräulein Gertrud Schmohl, sind dann Photographien von allen Seiten angefertigt worden. Nach diesen und nach dem fertigen Präparat sind unter Leitung und Aufsicht des Herrn Professor Dr. Schwalbe die Figuren auf den Tafeln 1—5 hergestellt worden.

Kleinhirn, Pons und Medulla oblongata zeigen keine Besonderheiten, so dass ich nur das Grosshirn beschreibe.

Beschreibung des Grosshirns.

Mediale Fläche, rechte Hemisphäre. (Tafel I.)

Bei der Beschreibung der medialen Fläche geht man am besten unter ständigem Vergleich mit einem normalen Gehirne vom Thalamus aus. Dieser lässt bei dem balkenlosen Gehirn die Kommissura media erkennen; Balken, Fornix, und Sept. pell. fehlen vollständig. Unter dem Thalamus opt. findet sich eine wulstige Hervorragung, die sich nach vorn bis an das vordere Ende des Thalamus erstreckt und nach unten in das Chiasma übergeht (a). Hinter der Kommissura med. ist eine scharfe, schmale Rinne (R). Kommissura ant. ist nicht sichtbar, und Korpus mammillare ist nicht abgrenzbar, steckt vielleicht in dem mit a bezeichneten Wulste. Ueber dem Thalamus ein weiter Spalt, der dem Ventrikel entspricht. Dieser Spalt setzt sich direkt nach vorn fort, und seine Verlängerung nach hinten ist die Fissura calc. Die Windungen über diesem Spalt haben eine ausgesprochene radiäre Anordnung und erscheinen sehr hoch. Es beträgt ihre Höhe 4,5 cm. Am normalen Gehirn haben die entsprechenden Windungen nur 3,8 cm Höhe. Am normalen Gehirn kommt dazu aber die Dicke des Balkens von 0,7 cm, so dass die Entfernung von der oberen Grenze des Thalamus bis zur Konvexität der medialen Fläche beim balkenlosen und normalen Gehirn gleich ist (4,5 cm). In der Höhe der medialen Windungen des balkenlosen Gehirns steckt also die normale

Windungshöhe + Balkendicke. An Stelle des Balkens finden wir also eine Zunahme der supraventrikulären Gehirnsubstanz. Dies spricht auch dafür, dass kein Defekt von Fasern, sondern nur anderer Aufbau vorhanden ist. Auf dem Thalamus aufgelagert findet sich eine feine Membran, annähernd ganz mit ihm verwachsen. Plexus ist nicht sichtbar. Der subthalamische Wulst a geht lateral in eine scharfe Kante über, die natürlich nur beim Hineinsehen in die Tiefe sichtbar ist.

Von den Windungen und Furchen der medialen Seite der rechten Hemisphäre sind die wichtigsten wiederzuerkennen (Fig. I). Es fehlt völlig der Sulcus callosomarginalis (cinguli). Daher ist auch die Abgrenzung eines Gyrus fornicatus unmöglich. Die radiäre Anordnung der Spalten über dem Thalamus opt. wurde schon erwähnt. Da die einzelnen Sulci sehr ungleichwertig in ihrer Tiefe sind, so ist eine Zählung nützlich. Man kann 12 Spalten zählen, zu deren Benennung wir am besten von einigen Sulci resp. Fissuren ausgehen, die mit den normalen Spalten sicher zu identifizieren sind.

Im Gebiet des Hinterhauptlappens grenzt sich am deutlichsten der Cuneus ab. Die Fissura parietooccipitalis (f. p. o.) ist ebenso wie die Fissura calcarina (f. c.) deutlich. Die Fissura parieto-occipitalis verläuft schräger als normal und ist im Sinne des Uhrzeigers gegen die Norm gedreht. Der Verlauf der Fissura calcarina kann makroskopisch wenigstens als normal bezeichnet werden. Der Cuneus ist von verschmälerter Basis aber bedeutenderer Höhe gegenüber der Norm. Der Praecuneus (pr.) ist nach vorn durch eine deutliche Spalte abgegrenzt, die dem aufsteigenden Ast des Sulcus callosomarginalis (c. asc.) entsprechen dürfte. Die Abgrenzung des Lobus paracentralis bleibt unsicher. Die Furchen vor dem c. asc. sind durchaus abnorm und insbesondere fehlt jede horizontale Gliederung im Bereiche des Stirnlappens. Zur Fixierung für die mikroskopische Untersuchung bezeichne ich die Sulci vor dem c. asc. mit Zahlen. Nach vorn setzt sich der Spalt über dem Thalamus opticus in eine tiefe Furche s. I. fort. Der vordere Teil von s. I. bildet eine Art Zentrum für Radiärfurchen, die ich als sr. 1—4 bezeichne. sr. 4 kehrt nach kurzem, 2 cm langem Verlauf in horizontaler Richtung wieder in den radiären Verlauf nach oben zurück. sr. 5 steigt am vorderen Ende des Thalamus opticus senkrecht nach oben und begrenzt mit sr. 4 eine charakteristische Windung, die mit der durch sr. 6 und sr. 7 begrenzten Windung

eine ~förmige Gestalt ergibt. Als S su bezeichne ich die tiefe Furche im vorderen unteren Teile. Sie dürfte dem Sulcus supraorbitalis entsprechen.

Konvexe Fläche, rechte Hemisphäre. (Fig. II.)

Bei Betrachtung der rechten Gehirnhälfte von oben und etwas von der Seite fällt als charakteristisches Merkmal auf, dass die Frontalwindungen nicht senkrecht zu der Zentralwindung verlaufen. Es ist das derselbe Typus, der auch bei Betrachtung der medialen Fläche in der radiären Anordnung der Furchen zutage trat. Die Bestimmung der Zentralfurche und damit der beiden Zentralwindungen ist nicht ganz leicht, da die Orientierung nach dem Sulcus cinguli fortfällt. Doch kann es nach dem Verhalten zur Fissura Sylvii (F. S.) kein Zweifel sein, dass die bezeichnete Furche den Sulcus centralis (S. c.) darstellt. Er steht mit der Sylvischen Furche durch die Furche co. in Verbindung, verläuft etwas schräg occipitalwärts und wendet sich dann im scharfen Knick senkrecht zum Hemisphärenrand. Der Gyrus praecentralis ist in seinem Verlaufe etwas verschoben, verbreitert und erscheint nicht einheitlich. Er wird begrenzt von den mit S. c. und f. II bezeichneten Furchen, die nach unten bis etwa 2 cm oberhalb der Sylvischen Furche konvergieren und dann parallel verlaufen und in letztere münden. Der Gyrus praecentralis hat annähernd die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Basis die Furche f. II ist. Dieser Basis parallel laufen zwei mit pr. 1 und pr. 2 bezeichnete Furchen, die die Einheitlichkeit des Gyrus praecentralis zerstören. In der Mitte zwischen vorderem Pol und der mit f. II bezeichneten Furche verläuft die mit f. I bezeichnete Furche parallel f. II. Aber auch senkrecht zu den letztgenannten Sulci verlaufen zwei Furchen F. 1 und F. 2, die den Frontallappen in die mit G. F. sup. resp. G. F. med. und G. F. inf. bezeichneten Abschnitte teilen. Verfolgt man die F. S., so gibt sie zuerst einen Ast nach oben ab, der den Anfangsteil der f. II darstellt und mit R. asc. bezeichnet ist. Es folgt darauf eine kleine Furche co., welche den Anfangsteil des Sulcus centralis bildet, der ja normalerweise nicht bis zur Fissura Sylvii reicht, sondern von dieser durch einen schmalen Gyrus getrennt ist. 1 cm occipitalwärts geht dann eine Furche ab, die sich bald in die beiden Aeste s. pctr. und P. I gabelt. Während s. pctr. nach dem Sc. zustrebt und sich auch mit ihm vereinigt, macht P. I einen leichten Bogen, der

frontalwärts konkav ist, und läuft dann parallel mit Sc. Nach kurzem Laufe teilt sich schliesslich F. S. in die Aeste P. II und P. III. Von den letzten parallelen Furchen möchte ich P. I als eine Fortsetzung von F. S. ansehen, da diese Verteilung der Furchen dem Normalen am meisten entspricht. P. II und P. III verlaufen parallel der Furche P. I und also auch parallel Sc.

Die übrigen Furchen sind regellose Anastomosen zwischen den im allgemeinen parallel zur Zentralfurche verlaufenden Furchen. Bestimmte Gyri occipitales, parietales etc. lassen sich nicht erkennen, ebensowenig ein Gyrus angularis und marginalis.

Linke Hemisphäre.

Der Furchungs- und Windungstyp der linken Grosshirnhälfte stimmt mit dem Typ der rechten Seite im ganzen wohl überein, in Einzelheiten aber sind mannigfache Verschiedenheiten zu finden.

Mediale Fläche. (Fig. III.)

An der medialen Fläche haben wir auch den tiefen Spalt, der sich nach vorn als s. I und nach hinten als Fissura calcarina fortsetzt. Der Cuneus ist auf dieser Seite noch schmäler als rechts und weit vorgestreckt, so dass die Fissura calcarina und Fissura parietooccipitalis vor ihrer getrennten Einmündung in den grossen Spalt parallel verlaufen. Im übrigen haben wir auch hier den radiären Verlauf der analog wie rechts benannten Furchen s. I und s. 1—7. Jedoch zeigen die Gyri links nicht den einfachen, langgestreckten Bau wie rechts, sondern sind durch kleine, in den verschiedensten Richtungen verlaufenden Furchen zerstückelt. Ein Sulcus cinguli fehlt auch auf dieser Seite vollständig.

Linke Hemisphäre, konvexe Fläche. (Fig. IV.)

Auch hier stimmt der Windungscharakter im ganzen mit dem der rechten Seite überein, ohne in feineren Einzelheiten der gleiche zu sein. Auch hier ist schwer die Zentralfurche zu finden, doch dürfte die mit Sc. bezeichnete Furche sicher als solche anzusprechen sein. Alsdann ist der Gyrus praecentralis und postcentralis besser und etwas anders ausgebildet als rechts. Im Frontalgebiet gilt dasselbe wie rechts. Im hinteren Parietalgebiet fallen die vielen kleinen Windungen auf. Ein Sulcus interparietalis lässt sich nicht abgrenzen.

Hirnbasis. (Fig. V.)

Die Betrachtung der Hirnbasis lässt folgendes erkennen: Olfactorius und Opticus bieten nichts besonderes. Letzterer hat bei der Herausnahme gelitten und ist daher undeutlich zu sehen. Ein sulcus orbitalis (So.) lässt sich beiderseits erkennen, links deutlicher wie rechts. Der Sulcus olfactorius (S. olf.) und der von ihm begrenzte Gyrus rectus ist nicht so gerade, wie der Norm und dem Namen entspricht, sondern sein an und für sich schon mit Krümmungen und Knickungen versehener Lauf wird auch noch von kleineren Furchen unterbrochen.

Am Temporallappen ist der Gyrus Hippocampi beiderseits wohl durch seine Lage zu den Hirnstielen gegeben. Im übrigen kann man eine grosse Längsfurche (f. coll.) an beiden Temporallappen erkennen, die der Fissura collateralis entspricht. So ist der Gyrus Hippocampi deutlich abgegrenzt. Der Gyrus lingualis, der ja normalerweise hinten von der Fissura longitudinalis cerebri durch den Gyrus cinguli getrennt wird, reicht in unserem Falle bis zum medialen Längsspalt heran und wird lateral gut von der Fissura collateralis abgegrenzt. Lateral folgt nun der Gyrus fusiformis, welcher nur im vorderen Teil durch einen mit dem normalerweise begrenzenden Sulcus temp. inferior zu identifizierbaren Spalt (t, i) begrenzt wird. Weiter occipitalwärts wird der Gyrus fusiformis von Furchen unterbrochen, die im allgemeinen senkrecht zur Fissura collateralis verlaufen und sich durch Kleinheit und Regellosigkeit auszeichnen.

Auch die Occipitallappen gestatten keinen Vergleich mit dem normalen Bilde, nur zeichnet sich namentlich der linke Occipitallappen durch einige trichterförmige Einziehungen aus.

Der vorliegende Fall gehört also zu der Kategorie von Fällen, wie sie von Eichler, Knox, Onufrowicz, Foerg, Probst, Kaufmann, Poterin-Dumontel, Huppert, Marchand und Stoecker beschrieben worden sind. Die histologische Untersuchung, die stattfinden soll, nachdem der äussere Aufbau des Gehirns festgelegt ist, wird dann ergeben, ob auch die innere Struktur sich mit der der vorerwähnten Fälle deckt.

Literatur-Verzeichnis.

Allgemeine Literatur.

Ernst, P., Heidelberg. Missbildungen des Centralnervensystems. Cap. II.

Hertwig, O., Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Säugetiere.

Hochstetter. Entwicklungsgeschichte des Gehirns. Bibl. med. 1898.

Jelgersma, Neurol. Centralblatt 1890 und Archiv f. Psychiatrie. Bd. XXXII.

Marchand, Entwicklung des Balkens im menschlichen Gehirn. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXXVII. 1891.

Retzius, Gustav, Das Menschenhirn. 1896.

Vogt, H., Balkenmangel im menschlichen Gehirn. Journal für Psychiatrie und Neurologie. Bd. V. 1905.

Zingerle, Bedeutung des Balkenmangels.

Spezielle Literatur.

Reil, Archiv für Physiologie. XI. **1812.** cit. nach Sander.

Dubreuil, Gazette medic. de Paris. **1835.** cit. nach Banchi.

Solly, The human brain. London **1836.** cit. nach Sander.

Ward. Medic. Gazette. London **1846.**

J. Clendinning, **1849.** cit. nach Mangelsdorff.

Battersby, **1850.** cit. nach Mangelsdorff.

Rokitansky, Aerztliche Berichte der Wiener Irrenanstalt für **1853.** Wien 1858. cit. nach Sander und Ornufrowicz.

Gauster, Wiener Zeitschrift XI. **1855.** cit. nach Banchi.

Foerg, Die Bedeutung des Balkens im menschlichen Gehirn. München **1855.**

Cruveillir, cit. nach Mangelsdorff.

Luschka, cit. nach Mangelsdorff.

Budin, Bull. de la Soc. anatom. cit. nach Mangelsdorff.

Bianchi, Storia del monstro etc. Torino **1855.**

Poterin-Dumontel, Mem. de la Soc. de Biologie. 4. **1862** und Gaz. Medic. de Paris No. 2, **1863.**

Huppert, Archiv für Heilkunde. **1871.**

Malinverni, Cervello d'homo mancante di corpus callosum. Torino **1874**. Ref. von Banchi.

Knox, Medical Journal. Glascow **1875**. Ref. von Banchi.

Eichler, Archiv für Psychiatrie. Bd. VIII. **1878**.

Mangelsdorff, Beitrag zur Casuistik der Balkendefekte. Diss. **1880**. Erlangen.

Mangelsdorff, Ibidem.

Anton, Zeitschrift für Heilkunde. Bd. VII. **1886**.

Anton, Ibidem.

Onufrowicz, Archiv für Psychiatrie. Bd. XVIII. **1887**.

Virchow, Festschrift für A. von Kölliker. **1887**. Ref. nach Centralblatt für Nervenheilkunde. **1887**.

Kaufmann, Archiv für Psychiatrie. Bd. XVIII. und XIX. **1887** und **1888**.

Mingazzini, Internat. Monatsschrift für Anatomie und Physiol. Bd. VII. **1890**.

Probst, Archiv für Psychiatrie. Bd. XXXIV. **1901**.

Banchi, Studio anatomico di un cervello senza corpo calloso. Arch. ital. Vol. III. Firenze **1904**.

Goldberg, Ein Fall von Balkenmangel im menschlichen Gehirn. Diss. Königsberg **1905**.

Marchand, Math.-phys. Klasse der Kgl. Sächs. Ges. der Wissenschaft. Bd. XXXI. **1909**. No. 8.

Stoecker, Archiv für Psychiatrie. Bd. 50. Heft 2. **1912** und Klieneberger Allg. Zeitschrift für Psychiatrie. Bd. 67.

Arndt und Sklarek, Archiv für Psychiatrie. Bd. XXXVII. **1903**. Partieller Balkenmangel.

Groz, D., Archiv für Psychiatrie. Bd. XLV. **1909**. Partieller Balkenmangel.

Ueber metamagnetische Legierungen.

Von
Kurt Overbeck-Rostock.

Mit 5 Textfiguren.

Eingegangen bei der Redaktion am 24. Juni 1914.

Einleitung:

In den Berichten der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Heidelberg schlägt G. Quincke zur Bestimmung des Magnetismus von schwach magnetischen Körpern eine Anordnung vor, die offenbar noch nie angewendet worden ist. Diese sollte ausprobiert und so ausgebaut werden, dass sie bequem benutzt werden konnte. An reinen Metallen, deren Magnetisierungskoeffizienten mittels anderer Methoden bereits bestimmt waren, sollte die Anordnung auf ihre Zuverlässigkeit geprüft und eventuell nach ihnen geaicht werden. Für die magnetischen Messungen waren Legierungen von Kupfer und Zink ausersehen. Dass gerade diese gewählt wurden, hatte seinen besonderen Grund. R. H. Weber hatte selbst bereits die Abhängigkeit ihrer elektrischen Leitfähigkeit von der Zusammensetzung bestimmt und dabei einen eigenartigen Verlauf festgestellt.[1]) Es lag darum der Gedanke nahe, dass Aehnliches auch bei der Magnetisierbarkeit auftreten würde. Meine Aufgabe war also die, mittels der oben erwähnten Anordnung die Magnetisierungskoeffizienten von Kupfer-Zink-Legierungen zu bestimmen und als Funktion des Prozentgehaltes graphisch darzustellen.

---

[1]) Siehe Annalen der Physik und Chemie, Band 68. 1899.

Im Verlauf der Messungen zeigte sich jedoch bei einer Legierung eine ganz unerwartete Erscheinung. Die Suszeptibilität nämlich, die sich bis dahin bei allen Legierungen als eine Konstante erwiesen hatte, zeigte plötzlich eine Veränderlichkeit mit der Feldstärke, die sogar soweit ging, dass ein Uebergang vom Paramagnetismus in den Diamagnetismus stattfand. Es war dies eine Erscheinung, die bisher noch nie beobachtet worden war und für die man daher auch noch keinen Namen hatte. Wegen des Ueberganges aus dem Paramagnetismus in den Diamagnetismus wurde sie Metamagnetismus genannt. Ihre Ursachen zu erforschen, wurde jetzt meine Aufgabe. Ueber 100 Legierungen waren dazu nötig, die alle selbst gegossen und auf ihre Magnetisierbarkeit hin untersucht wurden.

Herstellung der Legierungen.

Da es sich um magnetische Messungen handelte, musste bei der Herstellung der Legierungen besonders auf die Reinheit der Metalle geachtet werden und ganz besonders darauf, dass sie keine Eisenbeimengungen enthielten. Es wurde daher elektrolytisches Kupfer und granuliertes Zink verwandt, das von der chemischen Fabrik Kahlbaum in Adlershof bei Berlin bezogen war. Das Schmelzen geschah in einem Rösslerschen Ofen. Die Reihe der Güsse begann mit dem des reinen Kupfers. Dieses besitzt in flüssigem Zustande eine äusserst starke Neigung sich zu oxydieren. Das Oxyd kann in zweierlei Hinsicht schädlich sein. Erstens erschwert es das Giessen, denn das flüssige Metall spritzt beim Giessen aus der Form heraus, so dass der Guss blasig wird, und zweitens ist das Kupferoxyd paramagnetisch, während das Kupfer selbst diamagnetisch ist. Die Oxydbildung musste daher mittels Desoxydationsmittel verhindert werden.

Es gibt deren zwei Arten, solche, die mit einer Deckschicht das Metall umkleiden und es so gegen die Luft abschliessen, wie z. B. das Borax und solche, die infolge ihrer eigenen, noch stärkeren Neigung sich zu oxydieren, den Sauerstoff an sich ziehen, wie z. B. das Aluminium. Hier wurde das erstere Mittel angewendet.

Es wurde also eine gewisse Menge Kupfer in einen Tontiegel getan, mit Borax bedeckt und im Ofen zum Schmelzen gebracht. Mit einem Pfeifenrohr aus Ton oder einem Graphitstabe wurde von Zeit zu Zeit nachgefühlt, ob es geschmolzen war. Als dies der Fall war, wurde mit dem Giessen begonnen. Damit jedoch das Borax nicht mit in die Form lief, musste es vorher abgegossen werden. Infolgedessen kam doch das flüssige Metall mit der Luft in Berührung und konnte sich leicht oxydieren. Wie sich später bei der Feststellung des spezifischen Gewichtes herausstellte, war denn auch der Kupferguss blasig, ein Zeichen, dass sich Oxyd gebildet hatte.

Der nächste Guss, also die erste Legierung, wurde in der Weise hergestellt, dass in das flüssige Kupfer, das wieder frisch mit Borax bedeckt worden war, Zink nach und nach hineingeworfen und die Masse mit dem Pfeifenrohr oder Graphitstabe durchgerührt wurde. Dabei verbrannte immer ein Teil vom Zink, da sein Siedepunkt (920°) noch unter dem Schmelzpunkt des Kupfers (1085°) liegt. Wie die Analyse später ergab, waren es gegen 5 %. Für den nächsten Guss wurde wieder etwas Zink hineingeworfen und so fort. Auf diese Weise wurde eine Serie von neun Legierungen hergestellt, deren letzte gerade zur Hälfte aus Kupfer bestand, wie später durch die Analyse festgestellt wurde. Damit war der Inhalt des Tiegels erschöpft.

Es wurde eine zweite Serie begonnen mit einer Mischung, von der man annehmen konnte, dass ihre Zusammensetzung annähernd mit der letzten Legierung übereinstimmte So wurde eine neue Serie hergestellt von sieben Legierungen, deren Gehalt an Kupfer von 65,4 % bis 3,3 % reichte.

Eine dritte Serie wurde auf umgekehrtem Wege hergestellt, indem von reinem Zink ausgegangen wurde. Da die grossen Stücke, aus denen das elektrolytische Kupfer besteht, sich in dem flüssigen Zink nicht lösen, war es nötig, sie in die Form von kleinen Kügelchen zu bringen. Diese wurden auf folgende Weise hergestellt: Ein Reiserbesen wurde über eine Wanne mit Wasser gehalten und das flüssige Kupfer über ihn ausgegossen. Dadurch verteilte es sich und bildete lauter kleine Kügelchen. Die kleinsten, deren Durchmesser höchstens einen Millimeter betrugen, wurden ausgelesen, mit Salmiak gemischt und in bestimmten Mengen unter fortwährendem Umrühren in das flüssige Zink geschüttet. Das Salmiak dient dazu, das Legieren zu erleichtern. Die Serie, die

auf diese Weise hergestellt wurde, umfasste, das reine Zink mit eingeschlossen, sechs Güsse.

Die Formen, die zum Giessen dienten, wurden jedesmal frisch hergestellt und zwar in einer besonderen Weise, die sich als sehr geeignet erwiesen hat. Es dürfte daher eine genauere Beschreibung ihrer Herstellung am Platze sein. Ein parallelepipedisches Holzstäbchen, das die Dimensionen der gewünschten Legierung hatte, wurde auf eine ebene Fläche gelegt. Darüber wurde ein rechteckiger Holzrahmen, dessen eine Schmalseite einen Einschnitt hatte, so gestülpt, dass das eine Ende des Stäbchens in den Einschnitt zu liegen kam. Dann wurde in den Rahmen fein gesiebter Formsand gepresst, der vorher ein wenig angefeuchtet worden war, und die obere Seite glatt gestrichen. Wenn man die Form aufhob, haftete das Stäbchen in dem feuchten Sande fest. Es wurde vorsichtig herausgezogen und die Höhlung und ebenso die glatte Seite mit aufgeschlemmter Chilekleie übergossen. Dies hat den doppelten Zweck, nämlich, möglichst glatte Oberflächen zu erzielen und dann auch eine unmittelbare Berührung des flüssigen Metalls mit dem unreinen Sande zu verhindern. Diese Herstellungsweise erwies sich deshalb als so praktisch, weil jede Form von beiden Seiten und darum immer zweimal benutzt werden konnte. Die fertigen Formen wurden zuletzt an einen warmen Ort zum Trocknen hingestellt.

Wie schon erwähnt, hatten die Legierungen die Gestalt von parallelepipedischen Stäbchen erhalten. Durch Feilen und Polieren wurden sie in möglichst gleiche Form gebracht. Ihre Länge betrug 58 mm, die Breite 15 mm und die Dicke 3,5 mm. Die Zusammensetzung wurde durch Elektroanalyse aus salpetersaurer Lösung ermittelt. Die Stäbchen waren alle ein wenig länger als erforderlich gegossen und diese Reststückchen zur Analyse verwandt worden. Das spezifische Gewicht wurde mittels Pyknometer festgestellt. Beide Daten wurden auf die Koordinaten eines rechtwinkligen Systems aufgetragen und die Kurve gezeichnet. Diese wies einige Unregelmässigkeiten auf, ein Zeichen, dass eine Anzahl Legierungen schadhaft und darum für die Messungen nicht ganz zuverlässig waren. Die Tabelle auf Seite 149 enthält in der ersten Vertikalreihe die Nummern der Legierungen in der Reihenfolge, in der sie gegossen worden waren, in der zweiten die Prozentgehalte an Kupfer und in der dritten die spezifischen Gewichte.

Die angewandte Methode der magnetischen Messungen.

Die magnetischen Messungen erfolgten mittels der in der Einleitung bereits genannten Anordnung. An zwei Fäden von einer Länge von 228 cm, die zum Schutze vor Luftströmungen durch ein Glasrohr geführt waren, wurde ein Messingbügel aufgehängt, und zwar so, dass er gerade vor dem 6 mm breiten Spalt der Polschuhe eines Elektromagneten zu hängen kam; in ihn konnte das Metallstäbchen so hineingelegt werden, dass es mit dem einen Ende in den Spalt hineinragte. An dem anderen Ende wurde mit Wachs ein Glimmerblättchen festgeklebt, das eine Marke trug. Um auch das Stäbchen vor Luftströmungen zu schützen, wurde während der Messung ein eigens konstruierter Glaskasten darüber gestülpt.

Beim Schliessen des Stromes wurde das Stäbchen zuerst infolge der Foucaulströme heftig abgestossen, beim Oeffnen angezogen. Es musste daher mittels regulierbarer Widerstände der Strom ganz allmählich verstärkt und geschwächt werden, da sonst infolge der plötzlichen Bewegung sich leicht das Stäbchen auf dem Bügel verschieben konnte. Nach einiger Zeit stellte sich ein dauernder Ausschlag ein, der mit einem Horizontalmikroskop an der Marke des Glimmerblättchens abgelesen werden konnte. Wurde der Strom wieder ausgeschaltet, so schwankte das Stäbchen immer noch einige Zeit um die Nullage, ehe es zur Ruhe kam. Durch geschickte Anwendung der Foucaulströme bei geringer Stromstärke liess sich die Bewegung ganz gut dämpfen und bei einiger Uebung direkt zum Stillstand auf dem Ruhepunkte bringen. Das Mikroskop war vorher in 3 Einstellungen geaicht und gab eine 41,3-, 26- und 14-fache Vergrösserung. Paramagnetische Körper wurden dauernd angezogen, diamagnetische dauernd abgestossen. Der Ausschlag wurde genau abgelesen und zur Berechnung der Suszeptibilität verwandt. Dazu diente die folgende Formel:

Es sei:

M = Masse,

$g = 981 \frac{cm}{sec^2}$,

H = Magnetfeld (H_0 am freien Ende des Stäbchens),

q = Querschnitt,

l = Länge der Aufhängefäden,

s = Ablenkung in cm,
σ = Dichte,
h = Länge des Stabes.

Das magnetische Feld sei gleich K, solange sich das Stäbchen nicht darin befindet, es sei gleich H, wenn es darin ist und zwar am inneren Ende H_1, am äusseren H_0. Die magnetische Energie des ganzen Feldes ist dann

$$W_0 = \frac{1}{8\pi} \int \mu H^2 d\tau,$$

wobei über den ganzen Raum τ zu integrieren ist.

Bewegt sich das Stäbchen unter dem Einfluss des Feldes in eine neue Gleichgewichtslage, wird es also um die Länge s eingezogen, so verändert sich die magnetische Energie:

1. Sie wächst um $\frac{1}{8\pi} H^2_1 \mu qs$, weil der Körper die Permeabilität des kleinen Raumes τ_1 mehr erfüllt als vorher,
2. sie nimmt ab um $\frac{1}{8\pi} H^2_1 \cdot 1 \cdot qs$, weil die Luft mit der Permeabilität 1 aus τ_1 verdrängt wird,
3. sie nimmt ab um $\frac{1}{8\pi} H^2_2 \mu \cdot qs$, weil der Raum τ_0 von μ befreit wird,
4. sie nimmt zu um $\frac{1}{8\pi} H^2_2 \cdot 1 \cdot qs$, weil der Raum τ_0 von Luft erfüllt wird.

Also wird die magnetische Energie in der neuen Gleichgewichtslage:

$$W_m = W_0 + \frac{1}{8\pi} (H^2_1 - H^2_2)(\mu - 1) qs$$

$$\mu = 1 + 4\pi\varkappa$$

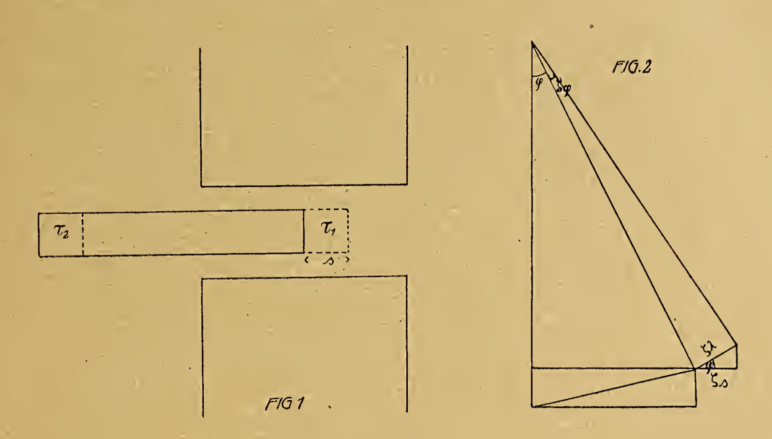
$$W_m = W_0 + \frac{1}{2} (H^2_1 - H^2_2) \varkappa qs.$$

Bei einer virtuellen Variation ist W_0 konstant, also

$$\delta W_m = \frac{1}{2} (H^2_1 - H^2_2) \varkappa q \delta s$$
$$+ \frac{1}{2} \varkappa qs \cdot \delta (H^2_1 - H^2_2)$$

Das letztere Glied hat seine Gültigkeit, wenn man berücksichtigt, dass H, also auch H_1 und H_0 streng genommen sich ändern.

Diese Aenderung kann aber als unendlich klein höherer Ordnung vernachlässigt werden, wenn die verschiebbaren Körper, wie hier, eine sehr kleine Suszeptibilität besitzen.[1])



Nach dem Prinzip virtueller Verschiebungen ist im Falle des Gleichgewichts

$$\delta(W_m + P) = 0$$

Es ist, wie eben berechnet,

$$\delta W_m = \frac{\varkappa}{2}(H^2_1 - H^2_2)\, q\, \delta s.$$

Es ist

$$P = Mg\, l\,(1 - \cos\varphi)$$

und somit

$$\delta P = Mg\, l \sin\varphi\, \delta\varphi = Mg \sin\varphi\, \delta\lambda, \quad \text{wenn } \delta\varphi = \frac{\delta\lambda}{l}.$$

Es ist also

$$\frac{\varkappa}{2}\cdot(H^2_1 - H^2_2)\, q\, \delta s + Mg \sin\varphi\, \delta\lambda = 0$$

$$\delta\lambda = \frac{\delta s}{\cos\varphi}$$

$$\frac{\varkappa}{2}\cdot(H^2_1 - H^2_2)\, q + Mg \operatorname{tg}\varphi = 0$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{s}{l}$$

$$\frac{\varkappa}{2}\cdot(H^2_1 - H^2_2)\, q + Mg\frac{s}{l} = 0$$

$$\varkappa = \frac{2\, Mg}{(H^2_1 - H^2_2)\, q}\cdot\frac{s}{l}. \qquad (1)$$

---

[1]) Vergl. z. B. E. Cohn, Das elektromagnetische Feld.

Für parallelepipedische Stäbchen lässt sich die Formel noch ein wenig vereinfachen, indem man setzt

$$M = q \cdot h \cdot \sigma.$$

Es ist dann

$$\varkappa = \frac{2\,\sigma h g}{H^2_1 - H^2_2} \cdot \frac{s}{l}.$$

Die Rechnung wird dann aber nicht so genau, da man das Gewicht der Aufhängevorrichtung ausser acht lassen muss. Ihr Gewicht muss zu dem Gewicht Mg in (1) addiert werden. H_2 kann in unserm Falle = 0 gesetzt werden.

Ausmessung des Magnetfeldes.

Als Feldmagnet wurde ein du Boisscher Halbring - Elektromagnet von Hartmann und Braun verwendet. Die Auswertung der zu den verschiedenen Stromstärken gehörenden Felder erfolgte durch Vergleich mit einem Ganssehen magnetischen Etalon und zwar mit einem der Instrumente, die in den Annalen der Physik Bd. 28 (1909) auf Seite 915 in einem Artikel von R. Gans und P. Gmelin beschrieben sind. Zur Verwendung kam das dort auf Seite 964, Tabelle 8 besprochene Etalon 4. Die Vergleichung geschah ballistisch. An dem einen Arm eines zweiarmigen Hebels wurde eine Induktionsspule befestigt und mit einem Spiegelgalvanometer leitend verbunden. Der Hebel wurde so aufgestellt, dass die Spule in den Spalt der beiden Polschuhe hineinragte. Wurde der andere Hebelarm mit einer Schnur herabgezogen und so die Spule plötzlich aus dem Magnetfelde herausbewegt, so gab das Galvanometer einen Ausschlag, der mit einem Fernrohr an einer Skala abgelesen werden konnte.

Das Ganssche Etalon diente zum Aichen der Spule. Ein Teilstrich bedeutete bei einem bestimmten Vorschaltwiderstand eine Feldstärke von 265,4 Gauss. Die Ausmessung des Feldes des benutzten Elektromagneten geschah in der Weise, dass mittels der regulierbaren Widerstände die Stromstärken immer um $^1/_4$ Amp., später bei stärkeren Strömen um $^1/_2$ Amp. gesteigert, und dabei die Ausschläge des Galvanometers abgelesen wurden. Diese wurden mit der Zahl 265,4 multipliziert und ergaben so die Feldstärken bei den entsprechenden Stromstärken. Beide Daten wurden auf die Koordinaten eines rechtwinkeligen Systems auf-

getragen und die Kurve gezeichnet. Aus ihr liess sich dann für jede Stromstärke die Feldstärke ablesen.

Die Messungen wurden für gewöhnlich bei einer Feldstärke von 9000 Gauss ausgeführt, die sich mit einer Stromstärke von 3,05 Amp. erzielen liess. Die folgende Tabelle enthält die gemessenen Daten:

Amp. : Gauss	Amp. : Gauss	Amp. : Gauss
0,25 : 1088,14	2,25 : 8023,445	5,5 : 10663,08
0,5 : 2229,36	2,5 : 8467,74	6 : 10924,43
0,75 : 3476,74	2,75 : 8676,82	6,5 : 11079,24
1 : 4405,64	3 : 8938,17	7 : 11288,32
1,25 : 5383,81	3,5 : 9460,87	7,5 : 11499,4
1,5 : 6272,4	4 : 9722,22	8 : 11656,21
1,75 : 7004,18	4,5 : 10035,84	
2 : 7683,69	5 : 10349,46	

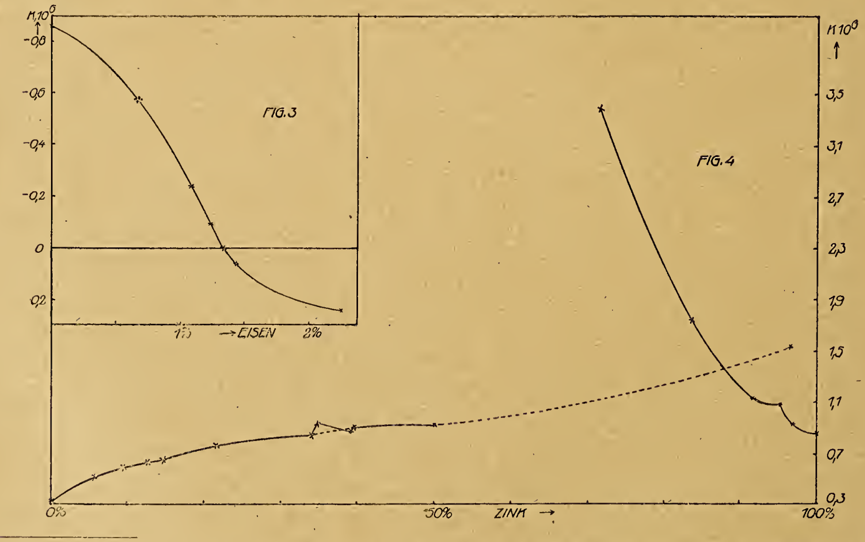
Messungen an Kupferzinklegierungen

Die Reihenfolge der Messungen bestimmte der Prozentgehalt an Kupfer. Das unter Borax geschmolzene reine Kupfer, von dem anzunehmen war, dass es annähernd oxydfrei sei, erwies sich als diamagnetisch. Die nächste Legierung zeigte noch stärkeren Diamagnetismus, und bei den folgenden stieg er mit dem Prozentgehalt an Zink auch weiter und war bei einem Gehalt von 50 % Kupfer höher gestiegen als bei reinem Zink, so dass also ein bestimmtes Maximum und dann wieder ein Abfallen der Suszeptibilität stattfindet. Die folgende Tabelle enthält in der ersten Vertikalreihe die Nummern in der Reihenfolge, in der die Legierungen gegossen wurden, in der zweiten die Prozentgehalte an Kupfer, in der dritten die spezifischen Gewichte und in der vierten die gemessenen und nach der vereinfachten Formel berechneten Magnetisierungskoeffizienten $\varkappa$ multipliziert mit 10^6.

No.	Cu %	spez. Gew.	$\varkappa \cdot 10^6$	Serie
1	100	8,20	0,32	I
2	94,33	8,83	0,53	I
3	90,34	8,71	0,59	I
4	87,59	8,66	0,698	I

No.	Cu %	spez. Gew.	$\varkappa \cdot 10^6$	Serie
5	85,47	8,61	0,642	I
6	78,38	8,53	0,77	I
7	66,04	8,07	0,86	I
10	65,40	8,4	0,95	II
11	60,89	8	0,87	II
8	60,50	8,33	0,91	II
12	56,484	7,97	var.	II
9	50,006	8,075	0,92 var.	I
13	49,567	8,072	var.	II
14	40,716	—	var.	II
15	38,30	7,980	var.	II
17	28,79	7,74	3,4	III
18	16,45	7,29	1,7	III
19	8,34	7,5	1,138	III
20	4,72	7,46	1,081	III
16	3,27	7,27	1,534	II[1])
21	3,17	7,25	0,937	III
22	0	7,15	0,84	III

In der folgenden Kurve sind auf der Abscisse die Gewichtsprozente, auf der Ordinate die Magnetisierungskoeffizienten aufgetragen.



[1]) Diese Legierung ist, wie die der Serie I und II nach der ersten Methode, also vom reinen Kupfer ausgehend, hergestellt worden.

Die Legierungen der ersten Serie, also No. 1 bis No. 9, liegen auf einer ziemlich gleichmässigen Kurve (a). Von der zweiten Serie liegen die ersten etwas abseits. Der Grund mag damit zusammenhängen, dass auch ihre spezifischen Gewichte nicht stimmen, wie aus der Tabelle zu ersehen ist. Nur die letzte passt offenbar wieder ganz gut hinein.

Eine überraschende Abweichung zeigt die Kurve (b) der Legierungen, die nach der zweiten Methode hergestellt sind. Sie gibt ein rapides Anwachsen der Suszeptibilität mit dem Kupfergehalt wieder, so dass z. B. eine Legierung mit 16,5 % Kupfer schon doppelt so stark diamagnetisch ist wie das Zink.

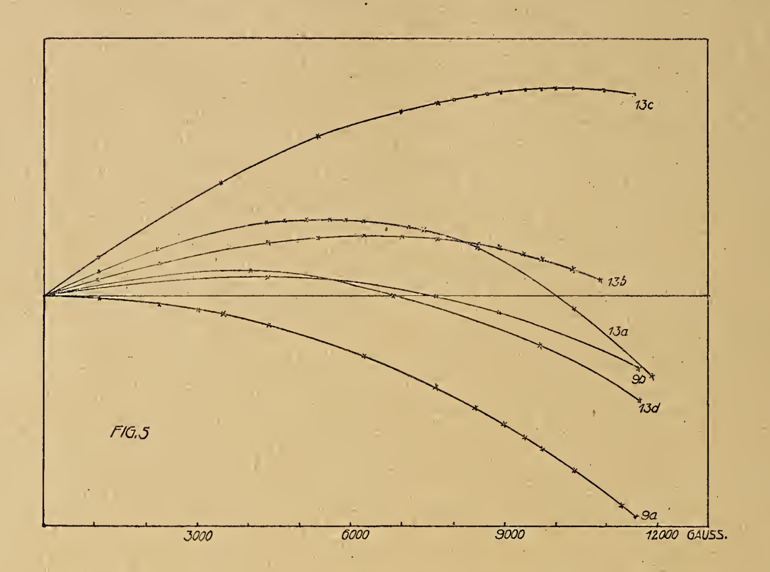
Der Grund mag wohl in der Herstellungsweise liegen. Bei ihr werden keine so hohe Temperaturen erreicht wie bei der ersten Methode. Es liegt somit nur ein Lösungsvorgang des Kupfers in dem Zink vor, nicht ein Schmelzen. Dadurch hat sich vielleicht eine besondere Modifikation gebildet, die besonders stark diamagnetisch ist. Eine andere Erklärung wäre auch folgende: Auf dem ersten Wege wurde das Kupfer zuerst allein geschmolzen und konnte so leicht Oxyd bilden. Da dieses paramagnetisch ist, drückt es den Diamagnetismus der Legierung herab, während auf dem zweiten Wege die Oxydbildung verhindert wird, da die Kupferkügelchen noch ungeschmolzen von dem flüssigen Zink umgeben werden und also mit der Luft nicht in Berührung kommen.

Ueber diese Abhängigkeit der Suszeptibilität von der Herstellungsweise der Zink-Kupferlegierungen werden zurzeit die Untersuchungen am hiesigen physikalischen Institut fortgesetzt.

Metamagnetismus.

Bei der weiteren Verfolgung der Serie II zeigte sich die bereits in der Einleitung genannte Erscheinung, die stark an den Ferromagnetismus des Eisens erinnerte, nämlich die Veränderlichkeit der Suszeptibilität mit der Feldstärke. Die Legierung 13, also die 4te der zweiten Serie erwies sich in schwachem Felde als positiv magnetisch, erreichte bei einer bestimmten Feldstärke ein Maximum des Paramagnetismus, ging bei stärker werdendem Felde auf den Nullpunkt und schliesslich wurde sie negativ magnetisch. Man kann diese Legierung also weder para- noch diamagnetisch nennen. Es möge diese Eigenschaft deshalb als Metamagnetismus bezeichnet werden.

Unter den folgenden Kurven veranschaulicht 13a die eben genannte Aenderung der Suszeptibilität.



Auf der Abscisse sind die Feldstärken abgertagen und auf der Ordinate die Ablenkungen. Es genügen diese, da bei ein und derselben Legierung in unserer Formel (1) Seite 147 sie allein sich mit den Feldstärken ändern, die anderen Grössen aber konstant angenommen sind. Wenn $\varkappa$ selbst variabel, so ist diese Formel nicht mehr anwendbar. Der Verlauf von $\varkappa$ mit den Feldänderungen lässt sich nur qualitativ aus ihr entnehmen. Die Kurve stellt also nur qualitativ die Abhängigkeit der Suszeptibilitäten von den Feldstärken dar. Sie müsste bei konstanter Suszeptibilität eine Parabel sein, wie sie z. B. die Legierung 9, deren genauere Daten weiter unten angeführt sind, vor der Behandlung aufweist.

Jedoch die Kurve selbst blieb auch nicht konstant. Nach längerem Exponieren der Legierung in dem Magnetfelde neigte sie sich immer mehr der positiven Seite zu, so dass schliesslich der Diamagnetismus nicht mehr erreicht wurde. Dabei nahm sie einmal die Lage von 13b ein. Durch Glühen der Legierung aber ging sie wieder zurück in die Lage von 13c. Durch nachmaliges Glühen und Abschrecken wurde die Legierung sogar vollständig diamagnetisch. Dagegen stellte sich nach Glühen und langsamem Abkühlen der Metamagnetismus wieder ein, wie ihn die Kurve 13d veranschaulicht.

Die 9. Legierung, also die letzte der ersten Serie, hatte zufällig fast die gleiche Zusammensetzung, zeigte aber vor der Hand nicht dieselbe Erscheinung. Sie war rein diamagnetisch und ihre Suszeptibilität eine Konstante. Ihre Kurve 9a ist eine genaue Parabel, denn es betragen z. B. die Ablenkungen bei 3000, 6000 und 9000 Gauss 4,5, 22 und 49,5 Teilstriche. Sie verhalten sich also wie 1 : 4 : 9, nämlich wie die Quadrate der dazugehörigen Feldstärken. Auch die spezifischen Gewichte von 9 und 13 stimmten fast überein, ein Zeichen, dass beide Legierungen gut geraten waren.

Wie schon gesagt, konnte die Legierung 13 durch Abschrecken diamagnetisch gemacht werden. Es lag darum der Gedanke nahe, dass sich die 9te zu schnell abgekühlt hatte, worauf beim Giessen nicht geachtet worden war, und dass durch geeignete Behandlung auch bei ihr der Metamagnetismus noch zu erreichen sei. Sie wurde deshalb genau so geglüht und langsam abgekühlt wie die Legierung 13, und da stellte sich wirklich auch bei ihr der Metamagnetismus ein. Die Kurve 9b gibt seinen genauen Verlauf wieder. Variable Suszeptibilität zeigten auch die Legierungen 12, 14 und 15. Da sie aber nicht gut geraten waren, so wurden die genaueren Messungen nur an 9 und 13 vorgenommen.

Die Ursache des Metamagnetismus.

Die neu beobachtete Erscheinung machte es notwendig, erst einmal ihre Ursache zu erforschen. Wie schon gesagt, musste man sofort an die Sättigungserscheinungen des Eisens denken. Diese bedeuten auch eine Abhängigkeit der Suszeptibilität vom Felde, aber in dem Gebiete äusserst starken Paramagnetismus. Hier bei unseren metamagnetischen Legierungen fällt die Erscheinung in das Gebiet äusserst schwacher Magnetisierbarkeit, in die Nachbarschaft magnetischer Indifferenz, die von der starken Verdünnung, in der sich das Eisen befindet, herrühren kann. Dieser Erklärungsversuch ist aber durchaus nicht so einfach, wie er auf den ersten Blick erscheinen könnte. Es ist keineswegs eine allgemeine Eigenschaft genügend stark verdünnten Eisens, Metamagnetismus zu erzeugen. Das haben Untersuchungen an Zink-Eisen und Kupfer-Eisen gezeigt.

Einfluss von Eisenbeimengungen auf reines Zink und reines Kupfer.

Zink - Eisen - Legierungen.

Zu den Untersuchungen von Zinkeisen dienten sechs Legierungen, die auf besondere Weise hergestellt waren. Wie schon aus der Herstellung der Kupfer-Zink-Legierungen nach der zweiten Methode zu ersehen ist, löst sich ein Metall mit höherem Schmelzpunkt in einem anderen mit niederem nur, wenn es in fein verteilter Form eingebracht wird. Es musste darum das Eisen in Pulverform zugesetzt werden. Damit es aber beim Einbringen nicht verbrannte, wurde es vorher mit Salmiak innig vermischt. Unter fortwährendem Umrühren wurde es dann ganz allmählich in das flüssige Zink geschüttet. Auf diese Weise wurde eine Legierung hergestellt mit einem Zusatz von voraussichtlich 5 % Eisen. Wie später die Analyse ergab, die, wie auch die anderen Herr Professor Dr. R. H. Weber selbst übernahm, enthielt sie nur 4,5 % Eisen, was wegen der Oxydschicht der kleinen Eisenkörner erklärlich ist. Diese Legierung wurde als Grund-Legierung benutzt, indem immer eine gewogene Menge zum reinen Zink hinzugesetzt wurde. Im schon legierten Zustande mischt sich das Eisen ohne Verlust und so war nur diese eine Analyse nötig. Die einzelnen Legierungen wurden in der Weise gegossen, dass bei jeder folgenden immer etwas mehr Eisen hinzugesetzt wurde, bis schliesslich der Diamagnetismus des Zinks von dem Paramagnetismus der Eisenbeimengen übertroffen wurde.

Die Beobachtungen der Suszeptibilität.

Die Suszeptibilität einer jeden Legierung wurde bei drei verschiedenen Feldstärken, nämlich bei 3000, 6000 und 9000 Gauss, beobachtet. Da sich mit diesen bei ein und derselben Legierung nur die Ausschläge in unserer Formel ändern, so genügte es, deren Verhältnis mit dem der Feldstärken oder bequemer mit dem ihrer Quadrate zu vergleichen. Diese verhalten sich wie 1 : 4 : 9. Die folgende Tabelle enthält die Prozentgehalte an Eisen, die Ausschläge einer jeden Legierung bei den drei gewählten Feldstärken in einer 41,3fachen Vergrösserung und die berechneten Suszeptibilitäten.

No.	% Eisen	Ausschläge bei Gauss 3000	6000	9000	$\varkappa \cdot 10^6$
1	0	— 7	— 28	— 63	— 0,86
2	0,675	— 4,6	— 19	— 42	— 0,58
3	1,08	— 2	— 8	— 17	— 0,24
4	1,26	— 0,8	— 3,3	— 7,5	— 0,10
5	1,35	0	0	0	0
6	1,44	+ 0,5	+ 2	+ 4,5	0,06
7	2,25	+ 2	+ 8	+ 18	0,24

Wie aus ihr leicht zu ersehen ist, zeigte sich bei den Ausschlägen sämtlicher Legierungen ziemlich genau das konstante Verhältnis 1 : 4 : 9, also das der Quadrate der Feldstärken. Daraus geht hervor, dass bei den Zink-Eisenlegierungen die Suszeptibilitäten Konstanten sind. Sie wurden berechnet bei einer Feldstärke von 9000 Gauss und als Ordinaten der Kurve in Figur 3 auf Seite 150 eingetragen. Für das reine Zink, das bei 9000 Gauss einen Ausschlag von 63 Teilstrichen zeigte, mag die Rechnung genauer durchgeführt werden.

Da $H_0 = 0$ ist, so lautet die Formel: $\varkappa = \frac{2\,Mg}{H^2 q} \cdot \frac{s}{l}$

$$s \cdot \frac{t}{413}.$$

$$\varkappa = \frac{2\,g}{H \cdot l \cdot 413} \cdot \frac{Mt}{q} = C\,\frac{Mt}{q}.$$

Es wird $\frac{2\,g}{H \cdot l \cdot 413} = C$ gesetzt, da es auch für die anderen Legierungen denselben Wert hat.

Die Werte eingesetzt, ist

$$\varkappa = \frac{2 \cdot 981}{9000^2 \cdot 228 \cdot 413} \cdot \frac{27{,}39998 \cdot 63}{0{,}357 \cdot 1{,}44}$$

$$\varkappa = 0{,}8638 \cdot 10^{-6}.$$

Nach Landolt und Börnstein beträgt $\varkappa$ für Zink $0{,}85 \cdot 10^{-6}$, nach Kohlrausch $0{,}9 \cdot 10^{-6}$. Daraus kann man ersehen, dass die angewandte Methode gute Werte gibt.

Um noch einmal das Resultat der Untersuchungen an den Zink-Eisenlegierungen kurz zusammenzufassen, so ist festgestellt worden, dass bei keiner der Metamagnetismus auftritt und dass zur magnetischen Indifferenz ein Gehalt von 1,35 % Eisen erforderlich ist. Da diese Legierungen bei ihrer Herstellung nur

wenig über den Schmelzpunkt des reinen Zinks erwärmt worden sind, so könnte man vielleicht gerade hier bei den Zink-Eisenlegierungen annehmen, dass das Eisen seine Sättigungseigenschaften eher beibehielt als bei den Legierungen, die einer höheren Temperatur zu ihrer Herstellung bedürfen.

Kupfer-Eisenlegierungen.

Die Reihe der Kupfer-Eisenlegierungen begann wieder mit dem reinen Kupfer. Beim ersten Guss wurde kein Desoxydationsmittel angewendet. Da man auch annehmen konnte, das schon früher beobachtete Spritzen des flüssigen Kupfers beim Giessen ohne Desoxydationsmittel rühre von etwaigen Feuchtigkeiten her, so wurden für die Kupfergüsse die Formen in eisernen Rahmen hergestellt, längere Zeit getrocknet und unmittelbar vor dem Guss vollständig durchgeglüht. Jedoch die Oxydbildung wurde dadurch nicht verhindert, wenn auch das Spritzen ein wenig nachliess. Der erste Guss (B)[1]) zeigte vollständigen Paramagnetismus. Beim zweiten wurde Borax angewendet und das Kupfer in einem neuen Graphittiegel geschmolzen. Er war diamagnetisch und zeigte einen Ausschlag von – 25. Dieser ist wahrscheinlich infolge der doch nicht ganz verhinderten Oxydbildung noch zu klein, um die richtige Suszeptibilität zu ergeben.

Von den beiden Güssen war also der erste paramagnetisch, der zweite diamagnetisch. Dies könnte seinen Grund aber auch in verschieden starken Eisenbeimengungen haben. Um dies festzustellen, hat Herr Professor Dr. R. H. Weber beide Güsse auf Eisen hin genau analysiert und es ergab sich für den ersten ein Eisengehalt von 0,39 ⁰/₀₀, beim zweiten von 0,28 ⁰/₀₀. Der Unterschied beträgt also 0,11 ⁰/₀₀. Dies ist eine zu geringe Menge, als dass sie die Ursache der verschiedenen Magnetismen der beiden Güsse sein könnte. Wie später gezeigt wird, ist eine Legierung (B d 6) mit 0,55 ⁰/₀₀ noch vollständig diamagnetisch.

Es wurden noch drei weitere Güsse unter Borax im Graphittiegel hergestellt, allein der Diamagnetismus war bei ihnen nicht zu erreichen.

Beim nächsten Guss (B b 1) wurde dann Aluminium als Desoxydationsmittel verwendet, indem 1 ⁰/₀ davon in das ge-

[1]) Die eingeklammerten Zahlen oder Buchstaben bedeuten die Zeichen der Legierungen in der Sammlung.

schmolzene Kupfer geworfen wurde. Dabei wurde, worauf auch schon in der Metallographie von C. H. Desch aufmerksam gemacht worden ist, ein hoher Temperaturanstieg beobachtet, denn die flüssige Masse wurde ganz weissglühend. Dies beruht, wie C. H. Desch ausführt, auf der Verbindungswärme des Aluminiums mit dem Sauerstoff und nicht, wie man früher annahm, auf der mit dem Kupfer. Der Ausschlag, den dieser Guss zeigte, war —36, mithin etwas grösser als der des vorigen, aber immer noch nicht ausreichend. Die Suszeptibilität betrug, nach der vereinfachten Formel ausgerechnet, $-0{,}577 \cdot 10^{-6}$. Nach Kohlrausch beträgt sie $-0{,}7 \cdot 10^{-6}$ und nach Landolt gar $-0{,}8 \cdot 10^{-6}$.

Bei anderen Güssen mit Aluminium war der Diamagnetismus wieder nicht mehr zu erreichen. Das aber war jedenfalls festgestellt worden, dass er unter günstigen Umständen mit unsern Mitteln zu erreichen war und dass sein Wert sich dem im Lehrbuch von Kohlrausch angeführten ziemlich näherte.

Vor allen Dingen aber war es wichtig, herauszufinden, bis zu welchem Eisengehalt die Legierung noch diamagnetisch ist. Zu diesem Zwecke wurde versucht, Legierungen mit einem bestimmten Eisengehalt herzustellen und zwar wieder mittels einer Grundlegierung. Jedoch bei der Herstellung dieser Kupfer-Eisengrundlegierung verbrannte das Eisen beim Einbringen in das flüssige Kupfer infolge der hohen Temperatur fast vollständig. Durch die Analyse konnte nur ein äusserst geringer Eisengehalt festgestellt werden. Es wurden darum noch weitere Analysen ausgeführt. Diese hatten alle ganz verschiedene Ergebnisse. So kam denn also noch hinzu, dass das Eisen ungleichmässig in dem Kupfer verteilt war. Es wurden trotzdem mittels dieser Grundlegierung einige Legierungen hergestellt und zwar in derselben Weise wie beim Zink nur mit dem Unterschied, dass Desoxydationsmittel angewendet wurden. Eine davon, (B d 6) die mit einem Zusatz von Aluminium zur Verhinderung der Oxydbildung im Porzellantiegel geschmolzen war und von der anzunehmen war, dass sie eine gewisse Menge Eisen enthielt, wurde genau analysiert und ein Gehalt von 0,55 ‰ festgestellt. Ihr Ausschlag betrug —22. Die anderen waren zum Teil paramagnetisch, zum Teil diamagnetisch. Jedoch von Metamagnetismus war bei keiner etwas zu erkennen.

Um auch hier bei den Kupfer-Eisen-Legierungen noch einmal das Ergebnis der Untersuchungen kurz zusammenzufassen, so ist wenigstens erwiesen, dass sich bei keiner der Metamagnetismus

zeigte, und dass bei einem Gehalt von 0,55 ‰ Eisen die Legierungen noch diamagnetisch sind.

Wie weit der Eisengehalt gehen darf, um vollständige Indifferenz hervorzurufen, soll späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, wenn es gelungen sein wird, die Oxydbildung noch energischer zu bekämpfen. Dann werden sich auch wohl dieselben Resultate ergeben, wie sie Professor Sahmen erzielt hat, der in einem Artikel der Zeitschrift für anorganische Chemie, Band 27 (1908), Seite 1, sagt: „Die Legierung mit 98,7 % Kupfer war bei Zimmertemperatur magnetisierbar, die Legierung mit 99 % Kupfer dagegen nicht. Aber auch die Legierung mit 97,5 % Kupfer war so schwach magnetisch, dass die Umwandlungskurve der magnetisierbaren kupferreichen Mischkristalle in nichtmagnetisierbare nicht bestimmt werden konnte.“ Auch von einer Veränderlichkeit der Suszeptibilität ist nichts erwähnt.

Als gemeinsames Ergebnis für beide Metalle steht fest, dass sie, jedes für sich allein mit Eisen vermischt keinen Metamagnetismus aufweisen und dass die Eisenbeimengungen beim Zink nach eigenen Forschungen, beim Kupfer nach Professor Sahmen in die Prozente gehen müssen, um Indifferenz zu verursachen.

Die Ursache des Metamagnetismus war also auf anderen Wegen zu suchen. Es gab deren zwei: Entweder war das Eisen überhaupt nicht schuld, sondern ein anderer Zusatz und da kam nur das Borax allgemein in Betracht, oder der Metamagnetismus ist nur eine Eigenschaft der Kupfer-Zinklegierungen. Was die erste Möglichkeit anbelangt, so waren die Kupfergüsse unter Borax bereits als diamagnetisch festgestellt. Ein Zinkguss unter Borax zeigte ebenfalls unveränderten Diamagnetismus. Es blieb also nur die zweite Möglichkeit, dass der Metamagnetismus nur in den Legierungen auftritt. Doch auch bei diesen handelte es sich darum, ob das Eisen oder das Borax die Ursache sei. Um dies herauszufinden, wurden Untersuchungen an einer grossen Anzahl von Messinglegierungen mit verschiedenen Beimengungen angestellt.

Kupfer-Zink-Legierungen mit verschiedenen Zusätzen.

Das Metall wurde teils frisch für den betreffenden Guss, teils aus vorher bereits gegossenen und durch Analyse bestimmten Grundlegierungen genommen.

a) Reines Messing.

Es wurden zunächst eine grössere Anzahl Messinggüsse ohne jeden Zusatz im Porzellantiegel mit den verschiedensten Zusammensetzungen gemacht. Sie erwiesen sich alle als vollständig diamagnetisch. Genauere Messungen wurden an ihnen nicht vorgenommen, da es nur darauf ankam, zu sehen, ob sie metamagnetisch waren. Drei Legierungen wurden genauer beobachtet. Die erste (A a 1) im Porzellantiegel geschmolzen mit einem Kupfergehalt von 50 % zeigte einen Ausschlag von — 100, der sich auch nach Glühen und langsamem Abkühlen nicht änderte. Die zweite (a 2) mit 45 % Kupfer zeigte unter denselben Bedingungen einen Ausschlag von — 105.

Die dritte (a 3) wurde erst frisch zusammengesetzt zur Hälfte aus Kupfer und im Tontiegel geschmolzen. Sie zeigte — 99, also etwas weniger als die erste. Das kann seinen Grund darin haben, dass bei der frischen Zusammensetzung vielleicht etwas mehr Zink verloren gegangen ist und sie darum als eine kupferreichere weniger stark diamagnetisch ist, oder auch darin, dass das flüssige Metall vielleicht einen Körper mit entgegengesetztem Magnetismus aus dem Tiegel herausholt, der dann den Diamagnetismus der Legierung herabdrückt. Jedenfalls, das stand fest, dass reines Messing nur diamagnetisch ist.

b) Messing mit Borax.

Die Legierungen No. 13 und 9 aus den ersten Serien, bei denen der Metamagnetismus zuerst beobachtet, waren in derselben Weise hergestellt, wie die unter a) angeführten, nur mit dem Unterschied, dass sie unter Borax geschmolzen worden waren. Wenn sie also den Metamagnetismus zeigen, die erstere aber nicht, so war die Ursache doch nur im Borax zu suchen.

Da war es aber wieder die Frage, ob in seinen chemischen oder mechanischen Eigenschaften. In letzterem Falle müsste auch eine andere Deckflüssigkeit dieselbe Wirkung haben, z. B. Kochsalz. Dies hat sie aber nicht, wie aus einer unter einer solchen geschmolzenen Legierung (b′) zu ersehen war. Sie zeigte einen Ausschlag von — 98, war also rein diamagnetisch.

Es blieben somit nur noch die chemischen Eigenschaften des Borax. Doch auch da gab es wieder zwei Möglichkeiten, entweder geht das Bor des Borax mit dem Messing Verbindungen

ein, denen der Metamagnetismus eigentümlich ist, oder es schafft irgend welche Veränderungen.

Was nun die erste Möglichkeit anbelangt, so erscheint es als höchst unwahrscheinlich, dass ein diamagnetischer Körper, wie es das Bor ist, mit zwei anderen diamagnetischen Körpern einen paramagnetischen geben kann.

Es bleibt also nur noch die zweite Möglichkeit, dass das Borax irgend welche Umwandlungen schafft. Da käme z. B. die Oxydbildung des Kupfers in Betracht. Allein, dies ist nicht gut denkbar, da beim Kupferguss das Borax doch gerade zur Verhinderung der Oxydbildung angewendet wird.

Als einzige Möglichkeit bleibt dann nur noch, dass das Borax aus dem Tontiegel irgend einen para- oder gar ferromagnetischen Bestandteil herausholt, oder falls es das flüssige Metall selbst schon tut, ihn derartig umwandelt. Für diese letzte Hypothese, dass es nur eine Umwandlung hervorruft, spricht dann noch der Umstand, dass bei (a 3) auch schon ein Rückgang des Diamagnetismus beobachtet wurde. Für einen solchen Bestandteil kam vor allen Dingen das Eisen in Betracht. Wie sich durch Untersuchung feststellen liess, enthielten die Tontiegel wirklich Verunreinigungen von Eisen. Diese müssen von dem flüssigen Metall aufgenommen worden sein und die Aenderung mit dem Borax zusammen verursacht haben. Um dies zu beweisen, wurde eine zweite Reihe (b) Güsse unter Borax hergestellt.

War unsere Hypothese richtig, so durfte bei einem im Porzellantiegel, der sicher kein Eisen enthält, unter Borax geschmolzenen Gusse der Metamagnetismus nicht auftreten, da ja aus dem Porzellantiegel kein Eisen herauszuholen war. Ein solcher Guss, der (b 1) erst frisch zur Hälfte aus Kupfer zusammengesetzt wurde, zeigte in der Tat nur Diamagnetismus und zwar einen Ausschlag von —90, der sich auch nach der Behandlung durch Glühen und langsames Abkühlen als unverändert erwies.

Ebenso zeigte eine fertige Legierung von 50 % im ungebrauchten Graphittiegel geschmolzen (b 2) einen Ausschlag von —94. Im gebrauchten Graphittiegel dagegen zeigte allerdings eine erst frisch zusammengesetzte Legierung (b 3) vollständigen Paramagnetismus, muss also aus dem gebrauchten Tiegel Eisen aufgenommen haben. Wie die Untersuchung ergab, enthält das Graphit auch Eisen. In dem ungebrauchten hat die bereits fertige Legierung infolge der weniger hohen Temperatur, die zum

Schmelzen nötig war und der noch unbeschädigten Politur der Innenwand des Tiegels kein Eisen herausholen können, wohl aber aus dem gebrauchten, indem durch das frische Zusammensetzen eine viel höhere Temperatur erreicht wurde und die Politur bereits angegriffen war.

Vier weitere Legierungen mit Borax wurden im Tontiegel geschmolzen. Die erste (b 4) enthielt 50,68 % Kupfer und zeigte zuerst einen Ausschlag von — 73. Das ist schon weniger als ähnliche Güsse, im Porzellantiegel geschmolzen, ergaben. Und in der Tat trat nach dem Glühen und Abkühlen der Metamagnetismus auf. Es ergab sich

bei 3200	Gauss	+ 5	Ausschlag
„ 5200	„	0	„
„ 9000	„	— 31	„

Die zweite (b 5) mit 45 % Kupfer gab einen Ausschlag von — 98, der auch nach der Behandlung sich nicht änderte. Das kam wohl daher, dass die Legierung nicht lange genug flüssig erhalten und darum noch nicht genügend Eisen herausgeholt worden war. Die nächste (b 6) nämlich mit genau derselben Zusammensetzung, die nur etwas länger flüssig erhalten worden war, zeigte wenigstens schwachen Metamagnetismus, nämlich

bei 1850	Gauss	+ 1	Ausschlag
„ 9000	„	— 56	„

Einen Metamagnetismus stärker nach der paramagnetischen Seite hin zeigte die folgende (b 7), die erst frisch zur Hälfte aus Kupfer susammengesetzt wurde, nämlich

bei 9000	Gauss	+ 42,7	Ausschlag
„ 9750	„	+ 43,5	„
„ 11800	„	+ 40,25	„

Hier war infolge der frischen Zusammensetzung eine bedeutend höhere Temperatur erreicht und die Masse auch viel länger flüssig erhalten worden. Die Tabelle zeigt zwar nicht den Durchgang durch den Nullpunkt, aber ein deutliches Abnehmen des $\varkappa$ mit dem Felde. Die Magnetisierbarkeit liegt schon zu stark auf der paramagnetischen Seite, als dass der Uebergang in den Diamagnetismus erreicht werden könnte.

Nun war durch Analyse festgestellt worden, dass die Legierungen, die im Tontiegel ohne Borax geschmolzen waren, und also keinen Metamagnetismus zeigten, ebenso viel Eisen enthalten wie die unter Borax geschmolzenen. Daraus geht

hervor, dass nicht das Borax das Eisen aus dem Tontiegel herausholt, sondern dass das flüssige Metall es selbst schon tut. Die Wirkung des Borax besteht somit offenbar allein darin, den Einfluss des von dem flüssigen Metall aus dem Tontiegel herausgeholten Eisens in der Legierung gewissermassen zu stärken. Aus den späteren Untersuchungen wird ein solcher Einfluss dann noch klarer. Unsere letzte Hypothese war also hiermit bewiesen.

Eine Frage lag jetzt äusserst nahe, nämlich, ob ein ähnlicher Einfluss des Bor vielleicht schon anderweitig beobachtet worden sei, und in der Tat zeigt das Bor bei den Häuslerschen Legierungen ähnliche Eigenschaften. Tritt nämlich zu den Kupfer-Manganlegierungen Bor hinzu, so wird die Magnetisierbarkeit bedeutend verstärkt und dieser Umstand gerade spricht für die Richtigkeit unserer Hypothese. Doch nicht allein das Bor, sondern auch Aluminium, Arsen, Antimon, Wismut und Zinn üben den verstärkenden Einfluss bei den Häuslerschen Legierungen aus. Hatten wir es hier mit denselben Eigenschaften zu tun, so musste sich das Bor auch durch eins der anderen ersetzen lassen. Es wurde das Aluminium gewählt.

c) Messing mit Aluminium.

Das Aluminium an sich ist paramagnetisch. Sein Magnetisierungskoeffizient beträgt nach Kohlrausch und Landolt $+1{,}8 \cdot 10^{-6}$ auf das Volumen bezogen, hält also dem von Messing, dessen $\varkappa = -1{,}4 \cdot 10^{-6}$ nach der vereinfachten Formel ausgerechnet worden ist, ungefähr die Wage. Da es aber ein bedeutend geringeres spezifisches Gewicht besitzt und ausserdem doch nur zu dem Eisen hinzukommen sollte, so durfte man nur wenig Gewichtsprozente nehmen, wenn man nicht rein paramagnetische Legierungen erzielen wollte. Es wurden daher immer höchstens nur 3 % Al hinzugesetzt und vier Güsse von 50 %igem Messing in den verschiedenen Tiegeln gemacht. Der erste (c 1) wurde im Porzellantiegel geschmolzen. Da das Porzellan ja gar kein Eisen enthält, so war Diamagnetismus zu erwarten und in der Tat zeigte er einen Ausschlag von -100.

Zwei Güsse wurden im Tontiegel geschmolzen. Beim ersten (c 2) wurden nur $2^1/_2$ % Aluminium hinzugesetzt, beim zweiten (c 3) wieder 3 %. Beide zeigten den erwarteten Metamagnetismus und zwar der erste:

bei	5500	Gauss	+ 32	Ausschlag
„	9000	„	+ 25	„
„	11550	„	0	„
„	11900	„	— 6	„

der zweite:

bei	6000	Gauss	+ 24	Ausschlag
„	9000	„	+ 15	„
„	10500	„	0	„
„	11550	„	— 15	„

Ein vierter Guss (c 4) wurde noch im Graphittiegel hergestellt mit einem Zusatz von 3 % Aluminium. Auch er erwies sich als metamagnetisch. Er zeigte

bei	4150	Gauss	+ 23	Ausschlag
„	9000	„	+ 10	„
„	9850	„	0	„
„	11900	„	— 27	„

Es war immer noch nicht als ganz sicher bewiesen, dass das Eisen gerade dieser paramagnetische Körper sei. War es wirklich der Fall, so musste der Metamagnetismus auch bei den im Porzellantiegel unter Borax oder mit Aluminium geschmolzenen Legierungen durch einen bestimmten Zusatz von Eisen zu erreichen sein. Da das Giessen mit Aluminium bequemer war, so wurde dieses gewählt.

d) Messing mit Aluminium und Eisen.

Zunächst wurde wieder eine Zink-Eisengrundlegierung in der schon oben beim Zink beschriebenen Weise hergestellt und genau analysiert. Sie enthielt 4,65 % Eisen und wurde genau wie beim Zink dazu verwandt, das Eisen den einzelnen Legierungen ohne Verlust hinzuzusetzen. So wurden im Porzellantiegel zwei 50 %ige Messinggüsse mit 2,5 % Aluminium geschmolzen. Zu dem ersten wurden 0,186 ‰ Eisen hinzugesetzt. Es erwies sich als zuviel, denn der Ausschlag betrug + 205. Zu dem zweiten wurde deshalb nur halb so viel Eisen hinzugesetzt, also 0,093 ‰. Dieser Zusatz war gerade richtig. Die Legierung zeigte den Metamagnetismus und zwar

bei	6600	Gauss	+ 40	Ausschlag
„	9000	„	+ 37	„
„	11600	„	+ 18	„

Aus den vorhergehenden Untersuchungen ist zu ersehen, dass das Aluminium denselben Einfluss hat wie das Bor. Da auch bei den Häuslerschen Legierungen beide Metalle gleiche Eigenschaften aufweisen, so ist wohl zur Genüge erwiesen, dass wir es hier mit denselben wie bei den Häuslerschen Legierungen zu tun haben. Dazu kommt noch eine andere Analogie mit diesen, nämlich die Eigenschaft, dass beide durch Abschrecken von einer hohen Temperatur vollständig unmagnetisch gemacht werden können.

e) Messing mit Eisen allein.

Wenn Borax und Aluminium wirklich nur eine verstärkende Wirkung hatten — wie man sich eine solche zu denken hat, soll hier unerörtert bleiben. Darüber müssen weitere Untersuchungen entscheiden — so musste man noch einen Schritt weiter gehen können. Dann musste nämlich der Metamagnetismus auch durch einen grösseren Zusatz von Eisen allein zu erreichen sein. Um die Richtigkeit dieser Annahme zu beweisen, wurden wieder eine Anzahl von Legierungen hergestellt, von denen fünf von ein und derselben Grundlegierung im Porzellantiegel, die anderen im Tontiegel geschmolzen wurden.

Von den genannten fünf erhielt die erste (e 1) einen Zusatz von 0,186 ‰ Eisen. Sie zeigte einen Ausschlag von — 48. Der Zusatz war also zu gering. Er wurde daher bei der nächsten (e 2) verdoppelt, betrug also 0,372. Dies erwies sich als zuviel. Die Legierung war vollständig paramagnetisch. Es musste daher der Zusatz wieder verringert werden. Um Material zu sparen, wurden gleiche Gewichtsteile dieser beiden zu einer dritten (e 3) zusammengeschmolzen, die somit einen Gehalt von 0,279 ‰ Eisen aufwies. Auch sie erwies sich noch als paramagnetisch. Der Ausschlag betrug + 191. Nochmals wurde die Mitte gewählt zwischen der ersten und der dritten und mittels der letzteren eine vierte (e 4) gegossen, die einen Gehalt von 0,233 ‰ Eisen hatte. Diese schliesslich zeigte den Metamagnetismus und zwar

bei 7150 Gauss + 20 Ausschlag
„ 9000 „ + 21 „
„ 11600 „ + 18 „

Zur Sicherheit wurde noch ein Guss (e 5) derselben Messing-Grundlegierung gemacht und zu diesem frisch 0,233 ‰ Eisen aus der Zink-Eisengrundlegierung hinzugesetzt. Er zeigte gleichfalls den erwarteten Metamagnetismus, und zwar

bei 5500 Gauss + 16 Ausschlag
„ 9000 „ + 10 „
„ 11600 „ — 8 „

Der Zusatz von 0,233 ‰ erwies sich also als richtig, um den Metamagnetismus hervorzurufen, wohl gemerkt im Porzellantiegel.

In Tontiegeln war schon früher die für den Metamagnetismus nötige Eisenmenge ausprobiert worden. Es wurde mit einem Zusatz von 0,9 ‰ begonnen. Das stand wohl schon als sicher fest, dass bei Messing bedeutend weniger Eisen nötig sei, als beim Zink, um den Einffuss zu verspüren, und es wurde deshalb diese äusserst geringe Menge von 0,9 ‰ gewählt. Doch auch sie erwies sich noch als viel zu gross, denn die Legierung zeigte starken Paramagnetismus. Es wurde deshalb für die nächste Legierung nur die Hälfte Eisen, also 0,45 ‰ gewählt. Da aber doch diese Menge als äusserst klein erschien und die Möglichkeit vorhanden war, dass der Tiegel vielleicht besonders stark eisenhaltig sei, so wurde er erst vorher ausprobiert. Es wurde eine Legierung ohne Zusatz darin geschmolzen und beobachtet. Sie erwies sich als durchaus diamagnetisch. In dem so ausprobierten Tiegel wurde dann die nächste Legierung (e 7) mit dem Eisenzusatz von 0,45 ‰ gegossen. Auch sie zeigte vollkommenen Paramagnetismus. Die zugesetzte Eisenmenge war also immer noch zu gross; deshalb wurde bei der folgenden (e 8) mit dem Zusatz gleich auf 0,09 ‰ zurückgegangen. Sie wurde durch Zusammenschmelzen eines Teiles von (e 7) mit vier Teilen der eisenfreien fertigen Grundlegierung hergestellt. Sie zeigte einen Ausschlag von — 100, enthielt also zu wenig Eisen. Es wurde wieder einen Schritt zurückgegangen und eine Legierung (e 9) mit einem frischen Zusatz aus der Zink-Eisengrundlegierung von 0,18 gegossen. Sie enthielt also doppelt soviel Eisen wie die vorhergehende. Das war wieder zuviel. Die Legierung erwies sich als vollständig paramagnetisch. Sie wurde mit gleicher Menge der Messinggrundlegierung zusammengeschmolzen zu einer folgenden (e 10), so dass deren Eisenzusatz wieder 0,09 ‰ betrug, um nochmals zu sehen, ob dies nicht ausreichte. Der Ausschlag betrug — 90. Damit war wenigstens festgestellt, dass eine metamagnetische zwischen denen mit einem Zusatz von 0,09 ‰ und 0,18 ‰ zu suchen ist. Gewählt wurde die Mitte, also 0,135 ‰ und eine neue Legierung mit diesem Zusatz gegossen. Sie zeigte endlich den Metamagnetismus und zwar

bei 1900 Gauss + 2,5 Ausschlag
„ 3450 „ 0 „
„ 9000 „ — 46 „

Der Eisenzusatz von 0,135 ‰ war also bei den Güssen im Tontiegel der richtige, um den Metamagnetismus zu erzeugen. Bei den im Porzellantiegel betrug er 0,233. Der Unterschied beträgt annähernd 0,1 ‰ und diese Menge ist es, die dann wahrscheinlich von dem flüssigen Metall aus dem Ton herausgeholt wird.

Um auch hier bei dem Messing das Ergebnis der Untersuchungen noch einmal kurz zusammenzufassen, so kann man erstens wohl als sicher feststehend annehmen, dass der Metamagnetismus durch das Eisen in Kupferzink hervorgerufen wird und, da er beim Abschrecken in vollständigen Diamagnetismus umgewandelt wird und bei längerem Exponieren der Legierung im magnetischen Felde sich mehr nach der positiven Seite neigt, wahrscheinlich mit den Sättigungserscheinungen zusammenhängt.

Zweitens ist gezeigt, dass die Eisenbeimengungen nur in die Promille zu gehen brauchen, um eine Umwandlung hervorzurufen. Das liesse sich vielleicht dadurch erklären, dass das Messing durch gelöstes Kupferoxyd indifferent gemacht ist. Das Borax verhindert die Oxydation vielleicht gerade soweit, dass dies erreicht wird. Die kleinen Eisenbeimengungen überlagern darüber den Metamagnetismus.

f) Messing mit Aluminium allein.

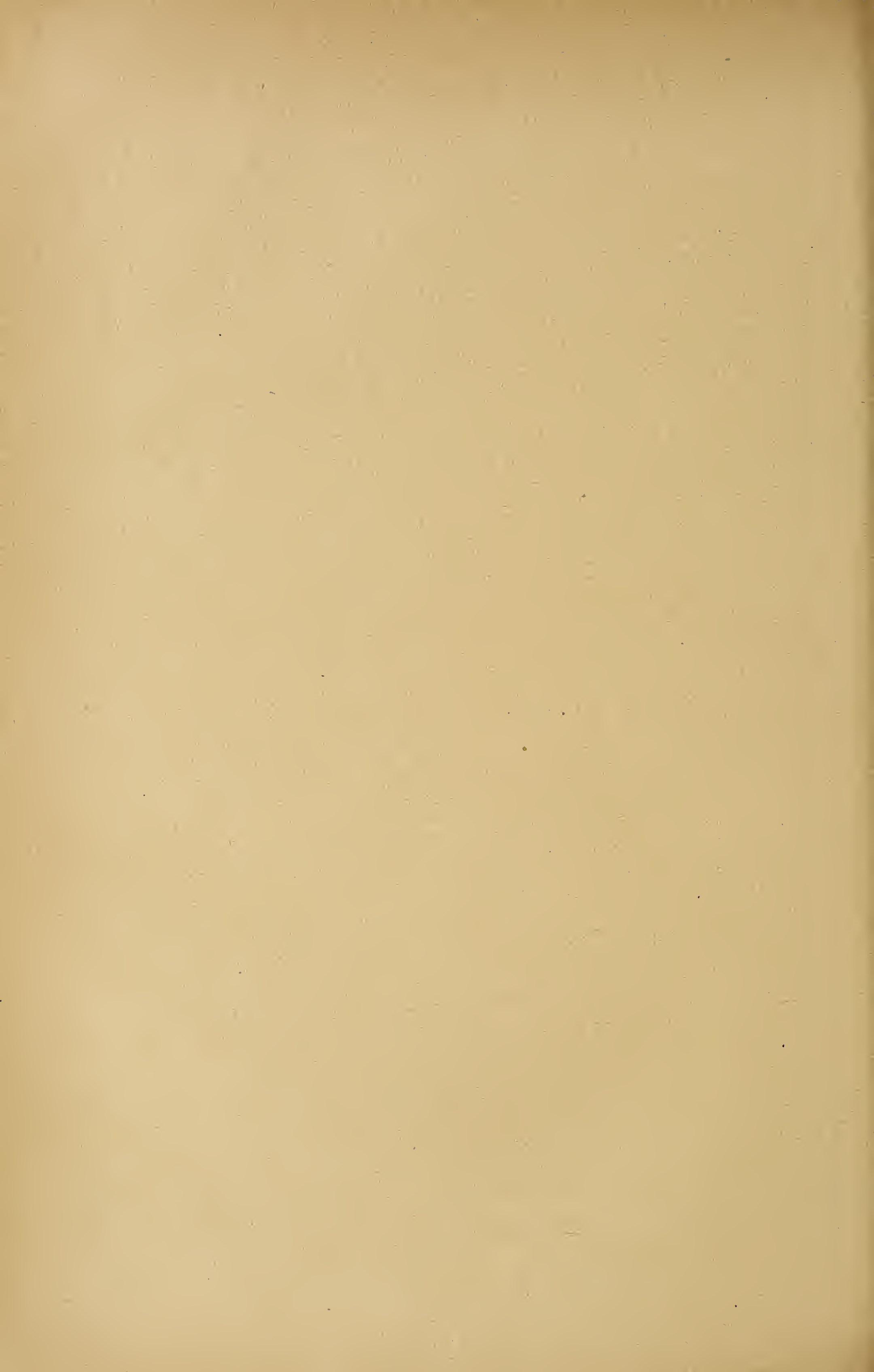
Einen indirekten Beweis für die Annahme, dass das Eisen mit seinen Sättigungserscheinungen die Ursache des Metamagnetismus sei, konnten Legierungen liefern, in denen statt des Eisens ein anderer paramagnetischer dem diamagnetischen Kupferzink die Wage hielt. Zu diesem Zwecke wurde, um Eisen auf jeden Fall fern zu halten, im Porzellantiegel 50 %iges Messing mit Aluminium zusammengeschmolzen. Die erste dieser Legierungen (f 2) wurde auf gut Glück aus 28,6 % Messing und 71,4 % Aluminium zusammengesetzt. Sie zeigte einen Ausschlag von + 95. Es wurde eine zweite (f 3) aus 79,74 % Messing und 20,46 % Aluminium gegossen, die nach dem Mischungsverhältnis hätte Indifferenz geben müssen. Sie zeigte einen Ausschlag von — 95. Da zufällig die Ausschläge der beiden Legierungen entgegengesetzt gleich waren, so wurde bei der nächsten (f 4) die

Mitte zwischen den Prozentgehalten der beiden genommen. Die Legierung zeigte annähernd Indifferenz. An dem oberen Ende, d. h. dem, das in der Form nach oben gerichtet war, zeigte sie + 3, an dem unteren — 6. Dieser Unterschied muss seinen Grund darin haben, dass das Aluminium infolge seines bedeutend geringeren spezifischen Gewichtes gewissermassen oben schwimmt. Der Magnetisierungskoeffizient blieb stets konstant; es war also von Metamagnetismus nichts zu merken. Wie schon gesagt, war die Legierung an einer Seite diamagnetisch, an der anderen paramagnetisch. Um noch eine zu haben, die auf beiden Seiten Paramagnetismus zeigt, wurde noch eine letzte mit gleichen Teilen Messing und Aluminium gegossen. Sie zeigte auch wieder an beiden Seiten verschiedene Ausschläge und zwar an der oberen + 16, an der unteren + 13. Von Metamagnetismus war aber wiederum nichts zu merken. Hiermit wäre also auch ein indirekter Beweis erbracht, dass nur das Eisen den Metamagnetismus hervorruft.

Vorstehende Untersuchungen wurden in der theoretischen Abteilung des physikalischen Instituts der Universität Rostock unter Leitung des Herrn Professor Dr. R. H. Weber ausgeführt.

Ich nehme an dieser Stelle Gelegenheit, Herrn Professor Dr. R. H. Weber meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und für die liebenswürdige Unterstützung, die er mir bei der Ausführung derselben stets hat zuteil werden lassen.

Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. A. Heydweiller für sein wohlwollendes Interesse an dieser Arbeit.



[Aus dem Institute für Pharmakologie und physiol. Chemie zu Rostock.]

Ueber zwei einheimische Giftpflanzen.

Eine kritisch-literarische und experimentelle Studie.

Von
Dr. med. **Dietrich Jensen**-Rostock.

Eingegangen bei der Redaktion am 8. September 1914.

Erster Teil.

Ueber die Giftigkeit der Eibe.

Die Eibe, *Taxus baccata L.*, englisch yew, französisch l'if, ist ein immergrüner, buschiger Strauch, seltener ein Baum von geringem Wachstum. Sie ist beheimatet in Asien und Europa. Nach A. Schirar[1]) ist sie eine aussterbende Pflanze, die nur noch im Osten Deutschlands in kleinen Beständen auftritt, sonst aber nur als Zier- und Parkbaum vorkommt, weil die Vogelart, welche den Samen vertrug, ausgestorben ist, oder das Holz zu sehr als Nutzholz Verwendung fand. Der Verein zum Schutz der Naturdenkmäler ist bemüht, unserer Pflanze wieder eine grössere Verbreitung zu schaffen. Eben darum hat es gerade jetzt aber auch ein Interesse, sich zu fragen, ob ihre weitere Verbreitung pharmakologisch Bedenken hat oder nicht. Für uns hier in Mecklenburg hat die Pflanze unter allen Umständen ein lokales Interesse.

Die Eibe war bereits im Altertum bekannt. Bei Theophrast im vierten Jahrhundert vor Christi heisst sie Smilos und Mylos, bei Galen Smilax und Taxos, bei Dioskurides Smilax, auch Thymalos; Ibn el Baithar nennt sie Smilaks. In Persien, Arabien und Turkestan ist die Eibe unter dem Namen Zarnab

[1]) Schirar, Pharm. Ztg. 1898, Nr. 86. — Weiteres über die Geschichte der Eibe siehe bei P. Ehrenberg und Gisb. v. Romberg, Landwirtsch. Versuchsstationen Bd. **79—80**, 1913, S. 339 und dem von diesen Autoren zitierten mir unbekannten Werke Természetta domány Röslöni von Vinc. D. Borbás 1895.

bekannt, in Indien als Tálispatar (Tálisa-pattra). Die jungen Triebe sind dort unter dem Namen Birmee im Gebrauch.[1]) Dioskurides berichtet, dass der Smilax in Italien und Narbonien wachse, in der Nachbarschaft von Spanien.[2]) Die Pflanze gehört zu der Gruppe der Coniferen und wird bis zu 10 m hoch.[3]) Sie hat eine rotbraune Rinde, immergrüne, oben mehr dunkel und glänzend, unten hell und matt, längliche, schwach rinnenförmige, spitze Blätter (Nadeln). Sie sind zweizeilig, zu beiden Seiten des Triebes angeordnet. In ihrem Habitus ist die Eibe der Edeltanne ähnlich, aber dadurch von ihr unterscheidbar, dass die stachelspitzigen Nadeln keine weissen Streifen zu beiden Seiten des Nerven aufweisen.[4]) Die Früchte oder Beeren (cf. J. Bretland, Annals of Bot. 1889, p. 393) sind von rund-ovaler Form und bestehen aus dem scharlachroten Samenmantel — Arillus — und dem von diesem eingeschlossenen, eiförmigen, violetten Samen. Dieser lässt sich leicht in eine dicke äussere Samenschale, eine nach innen folgende Samenhaut und den eigentlichen Kern zerlegen. Nach Mitlacher[5]) ist dieser Kern ein weissgefärbter, harter Eiweisskörper, der den walzenförmigen Keim enthält. Zur Zeit der Vollblüte wird auf dem Ovulum von *Taxus baccata* ein wasserheller Tropfen ausgeschieden, der als Pollenfänger dient. Die chemische Beschaffenheit dieses Tropfens untersuchte K. Fujii.[6]) Er fand die Flüssigkeit stark reduzierend und stellt das Vorkommen von Glucose, Calcium, Aepfelsäure und einer Substanz, die Phosphormolybdänsäure in der Kälte reduziert, in der Flüssigkeit als wahrscheinlich hin. Die Früchte der Eibe haben einen terpentinartigen Geruch und einen unangenehm bittern und scharfen Geschmack. Dagegen schmeckt der fleischige Teil der Frucht süsslich und nicht unangenehm. Aber der Kern ist bitter.[7])

[1]) Dragendorff, Georg, Die Heilpflanzen der verschiedenen Völker und Zeiten, ihre Anwendung, wesentlichen Bestandteile und Geschichte. Stuttgart 1898, p. 64.

[2]) Des Pedanios Dioscurides aus Anazarbos Arzneimittellehre in 5 Büchern, herausgegeben von J. Berendes. Stuttgart 1902, p. 414.

[3]) Fröhner, Eugen, Lehrbuch der Toxikologie. Stuttgart 1890, p. 128.

[4]) Real-Encyclopädie der gesamten Pharmazie. Bd. **9**, 1890, p. 611.

[5]) Mitlacher, Wilh., Toxikologisch und forensisch wichtige Pflanzen und vegetabilische Drogen mit besonderer Berücksichtigung ihrer mikroskopischen Verhältnisse. Berlin-Wien 1904, p. 10 ff.

[6]) Ber. d. D. botan. Ges. 1903, H. 4; durch Biochem. Centralblatt 1903; cf. Pharm. Jahresb. Jg. 1903. Göttingen 1905, p. 114.

[7]) cf. The National Dispensatory, Philadelphia 1879, p. 1380.

Schon im Altertum war die Eibe wegen ihrer Giftigkeit bekannt und gefürchtet. Sie erschien den Alten neben der Cypresse als Symbol des Todes. Silius lässt daher an den Ufern des Cocytus Eiben wachsen; bei Ovid führt der Weg zur Unterwelt durch von Eiben vergifteten Nebel; bei Statius leuchtet eine Furie mit brennenden Eibenzweigen den Schatten auf ihrem Wege zur Unterwelt.

Theophrast[1]) schreibt, dass die Zugtiere (τὰ λόφουρα) nach dem Genuss der Blätter sterben, Wiederkäuer dagegen von dem Genusse keinen Schaden hätten. Die süsse Frucht sei den Menschen ungefährlich. Auch der ein halbes Jahrtausend später schreibende Galen[2]) hält die Eibe für einen Baum mit tödlichem Gift. Alle zwischen diesen beiden Autoren lebenden Schriftsteller, die die Eibe erwähnen, kennen ihre Giftigkeit ebenfalls, übertreiben sie aber z. T. stark. Nach Plinius[3]) und Dioskurides ist die Eibe sogar durch ihren Schatten und durch die Benutzung des Holzes zu Weinfässern giftig. Der von Plinius angeführte Sextius Niger berichtet, dass der Smilax in Arkadien schon durch seinen Schatten unter ihm speisende oder schlafende Menschen töte. Das Wort toxisch sei von taxus abgeleitet. Dioskurides[4]) schreibt über die Giftigkeit der Eibe, dass die Küken, welche die Frucht des in Italien wachsenden Baumes fressen, schwarz werden und die Menschen, welche davon geniessen, Durchfall bekommen. Auch Seneca, Plutarch und Strabo berichten über die Giftigkeit der Eibe, desgleichen Nikander. Nach Plutarch und Strabo diente die Eibe den Galliern zur Bereitung eines gefährlichen Pfeilgiftes[5]) und nach Julius Caesar[6]) soll sich der König der Eburonen Cativolcus mittelst Taxus umgebracht haben.

Wir verlassen die Schriftsteller des Altertums und gehen zu neuzeitlichen über. Konrad von Megenberg, Platearius, Hieronymus Bock (Tragus) wiederholen nur die alten Berichte. Matthiolus (1500—1577) kennt die Pflanze aber genauer; er sagt, dass in England die Kinder die Eibenbeeren ohne Schaden essen. Genau dasselbe berichtete nach eigenen Erfahrungen später

[1]) Historia plantarum III, 10, 2.

[2]) De simpl. medicamentorum facultatibus VIII, 29.

[3]) Historia natur. XVI, p. 10.

[4]) Arzneimittellehre a. a. O.

[5]) Glaser, Erhard, Ein Beitrag zur Kenntnis der Vergiftung und Fruchtabtreibung mit *Taxus baccata*. Wien. klin. Wochenschr. Jg. **21**, Nr. 40. 1908.

[6]) De bello Gallico VI, 31.

Lobelius. Martyn hält diese Beeren nur in Italien für gefährlich. Haller kennt überhaupt keine schädlichen Folgen ihres Genusses. Nach Brandt und Ratzeburg[1]) benutzen die Holzarbeiter in der Gegend von Traustein die Beeren als durststillendes Mittel. Rossmässler[2]) erklärt sie, gestützt auf Schroff[3]), für ungiftig. Beissner[4]) weiss, dass sie ihres süssen Geschmackes wegen von Kindern gern genossen werden und nur in erheblichen Dosen als Abführmittel wirkten. Richard bestätigt die Ungiftigkeit für Kinder, will aber die bitter und unangenehm schmeckenden Kerne entfernt wissen. Nach Floyer[5]) wirken nur diese Kerne abführend. Für die Ungiftigkeit des Beerenfleisches traten auch Percy Geoffroy[6]), Bouillard, Girard de Villars und andere[7]) ein. Das zweifelhafte Verdienst, die Beeren wieder als giftig erklärt zu haben, kommt Borchers[8]) zu.

Wortley[9]) suchte zu beweisen, dass nur die männliche Pflanze von *Taxus baccata* giftig ist, während die weibliche als harmlos zu betrachten sei. Er erhielt nur aus dem alkoholischen Extrakt, welches aus den Blättern der männlichen Pflanze dargestellt war, das giftige Taxin und empfiehlt, in den Anlagen nur die weibliche Pflanze zu kultivieren. (Pharm. Jahresb. Jg. 1892, Göttingen 1894, p. 77.) Diese Ansicht ist nach Eugen Fröhner (Lehrb. d. Toxikologie 1901, p. 190) falsch. Nur die hellgrünen Winternadeln der Eibe sind bis zur Dunkelgrünfärbung ungiftig. (Cornevin, Journal de Lyon, 1891 und 1893.) Die Giftigkeit von *Taxus baccata* kommt nach Schroff[10]) der des Sadebaumes am nächsten, während Rimpelli und Martin die Taxusvergiftung mit der Intoxikation durch Blausäure, Opium und Digitalis verglichen. Die Vergiftungen, welche durch die Eibe an Menschen hervorgerufen sind, erklären sich meist aus der Verwendung der Pflanze als Abortivum und Emmenagogum. Die Alten be-

---

[1]) Brandt und Ratzeburg, Giftgewächse. Berlin 1838.

[2]) Rossmässler, Der Wald. Leipzig 1881.

[3]) Dam. Schroff, Zeitschr. der Wiener Aerzte Jg. 1859, Nr. 31, p. 484.

[4]) Beissner, Handb. d. Nadelholzkunde 1891, p. 169.

[5]) Nach Riecke, Giftpflanzenbuch. Stuttgart 1885, p. 4.

[6]) Geoffroy, Ancient. Journ. de Méd. **83**, 229.

[7]) Chevallier, Annales d'hyg. publ. [sér. 2] **4**, 1855, p. 365.

[8]) Bernh. Borchers, Experim. Untersuchungen über Vorkommen und Wirkungen des Taxins. Dissert. Göttingen 1876.

[9]) Pharm. Journ. and Transact. 1892, Nr. 1179, 11.

[10]) Wiener Ztschr. N. F. 1859, Bd. **2**, p. 31.

richten über die Anwendung von Taxus zu abortiven Zwecken nichts. Ursprünglich wurde die Eibe medizinisch als Anthelminthicum[1]) und Emmenagogum[2]) gebraucht. Als Abortivum fand sie zuerst in England Verwendung als Dekokt — yew tree tee —[3]), als Succus taxi baccati oder durch Kauen der Blätter[4]), gelegentlich bloss infolge Verwechselung mit *Juniperus Sabina.*[5]) Nach Lammert[6]) wird die Eibe auch in Bayern, nach Kostelетzki[7]) in Oesterreich und in Frankreich als Abortivum benutzt. Aerztlicherseits wurde sie im vorigen Jahrhundert gegen das Ausbleiben des Monatsflusses empfohlen. (Glaser, a. a. O.) Die abortive Wirkung wird von vielen Autoren angezweifelt. So heisst es bei Th. u. A. Husemann (a. a. O.): „Eine spezifisch abortive Wirkung kommt dem Taxusbaum ebensowenig zu wie dem Sadebaum.“ Die Fälle, in denen Taxus als Abortivum benutzt wurde, hatten für das schwangere Mädchen einen letalen Ausgang ohne Ausstossung der Frucht zur Folge.[8]) Ebenso in einem Fall nach Genuss einer starken Abkochung der Zweige. Es erfolgte keine Ausstossung der 3 Monate alten Frucht.[9]) Ein Mädchen starb nach Genuss einer Abkochung von Taxusblättern. Sie war im Anfang der Schwangerschaft, der Uterus war stark entzündet. Er enthielt ein Eichen von der Grösse einer Haselnuss.[10]) Auch Schmidtmann[11]) spricht dem Eibenbaum eine abortive Wirkung ab. An Pferden wurden ähnliche Beobachtungen gemacht. So abortierte von zwei Stuten, die Taxus gefressen hatten, die eine, welche im 7. Monat trächtig war, eine trächtige Hündin dagegen starb 36 Stunden nach Einnahme von Taxus, ohne abortiert zu haben. Trotz alledem behielt, wie Glaser (a. a. O.) hervorhebt,

[1]) Raimondi, Un caso di veneficio sequito da morte per i frutte del *Taxus baccata,* Ann. di Chim. 1891, ref. Virch. Hirsch, Jahresb. Jg. 1891, Bd. 1, p. 429; Montmollin, Empoisonnement par l'if chez un enfant, Revue méd. de la Suisse rom. **15**, 667, 1895.

[2]) Glaser, a. a. O.

[3]) Taylor, Medical Jurisprudence p. 782—791.

[4]) Chevallier, Duchesne et Reynal, Ann. d'Hyg. publ. [2] **94**, p. 335, 1855; Lex, Die Abtreibung der Leibesfrucht, V. f. ger. Med. **4**, 179, 1866.

[5]) Maschka, Gutachten **3**, p. 288, 1867.

[6]) Volksmedizin u. mediz. Aberglaube in Bayern. Würzb. 1869, p. 162.

[7]) Mediz.-pharmac. Flora 1831, Bd. **1**, p. 9.

[8]) Lewin, Die Fruchtabtreibung durch Gifte, Berlin 1904, p. 280; Taylor, Die Gifte, Bd. **3**, p. 399.

[9]) Duchesne, Chevallier et Reynal, l. c.

[10]) Hartmann, Journ. f. prakt. Heilkunde 1827, Bd. **64**, St. 1, p. 130.

[11]) Handb. d. gerichtl. Medizin 1905, p. 865. cf. The National Dispensatory, Philadelphia 1879, p. 1380.

der Eibenbaum in der Volksmedizin auch weiter seinen Ruf als Fruchtabtreibungsmittel. Nach ihm liegt der Grund dafür in der Natur der Sache, da nur wenig Fälle und zwar nur die schlecht ablaufenden beobachtet werden, während die geglückten und ohne Schädigung verlaufenden nicht zur Kenntnis kommen. Glaser spricht dem Taxusbaume eine abortive Wirkung zu. Und das tut er an der Hand eines Falles, über den er selbst ausführlich berichtet hat (s. u.). Er verwirft die Anschauung von Lex (a. a. O.) und findet die Erklärung für die beschriebenen Fälle, welche letal endigten, ohne Abort veranlasst zu haben, darin, dass der Tod der Mutter eintrat, bevor es zur Ausstossung der Frucht kam. Individuelle Verhältnisse, wie Disposition, Reizbarkeit des Uterus und Widerstandsfähigkeit des Organismus sind von Bedeutung. Auch sollen das Alter, die Art der Einnahme, die Zeit der Ernte usw. eine Rolle spielen. Kleine, häufig zugeführte Giftmengen bedrohen das fötale Leben am ersten und haben für die Mutter keinen Schaden. Glaser bestätigt die Ansicht Dölgers[1]), dass der Abgang der Frucht in der Regel auf der Höhe der durch die Anwendung des Mittels bewirkten Vergiftungserscheinungen oder bald darauf erfolgt, und dass diese in dem zum Abort führenden Fällen meist gleichzeitig zum Tode der Schwangeren führen. Nach Dragendorff (a. a. O.) soll das Fruchtfleisch (Arillus) von *Taxus baccata* nicht abortiv wirken und überhaupt nicht giftig sein; als Sirup werde es sogar arzneilich bei Brustkrankheiten und das Holz gegen Wasserscheu verordnet. Das Blatt dagegen wird nach demselben Autor wie *Sabina* benutzt, d. h. also auch zu Abortivzwecken; in Toscana diene es als Ersatz der Digitalis, anderorts als Fischgift.

Die Literatur weist so zahlreiche Fälle von Vergiftungen durch den Genuss der Eibe, weniger an Menschen als an Tieren auf, dass es sich empfiehlt, diese Kasuistik im nachstehenden aufzuzählen.

I. Zufällige Vergiftungen von Tieren durch Blätter (Nadeln) der Eibe.

Nach Krünitz[2]) soll der Jesuit Schott gefunden haben, dass Taxus **Fische** betäubt. Harmand[3]) schiebt diese Wirkung

[1]) Dölger, Die Zeit, in welcher nach Anwendung der verschiedenen Abtreibungsmittel die Ausstossung der Frucht erfolgt. Wiener med. Blätter 1892, Bd. **15**, Nr. 23—26.

[2]) Krünitz, Oekonomisch-technologische Enzyklopädie Bd. **181**, 1843 (Berlin).

[3]) Harmand, Ancient Journal de méd. Bd. **83**.

besonders auf die Wurzeln der Pflanze. Auch Berge, Riecke und Dragendorff kennen die Eibe als Fischgift. Die ganze Sache ist aber unklar. Kobert konnte durch Auszüge aus Eibennadeln, die er dem Wasser in kleinen Mengen zusetzte, Aale in ihrem Wohlbefinden nicht beeinträchtigen, so dass die Giftigkeit für Fische wohl keine grosse sein dürfte.

Weiter sind Angaben über die Giftigkeit der Eibe für **Wild** vorhanden, die wir aber wohl mit Ehrenberg und v. Romberg[1]) dahin zusammenfassen können, dass Hirsch und Reh in keiner Weise durch Genuss von Eibenblättern zu leiden haben. Ich will die von den genannten Autoren angeführte Literatur hier nicht noch einmal durchsprechen; es sei mir nur erlaubt, auf die von ihnen scheinbar übersehene recht wichtige Diskussion in der dendrologischen Gesellschaft[2]) über diese Frage kurz einzugehen. In dieser erklärten v. Berlepsch-Cassel, Graf von Wilamowitz-Gadow, Rittergutsbesitzer Seydel-Gosda und Hofgärtner Herre aus Wörlitz übereinstimmend, dass Rehe gern Taxus fressen, dass ihnen aber auch nicht ein einziger Fall bekannt sei, wo es diesen Tieren geschadet hätte, während Pferde ungemein empfindlich dagegen seien.

Was Hasen anbelangt, so berichtete bei derselben Diskussion Graf von Schwerin-Wendisch-Wilmersdorf, dass er im Winter einmal aus Versehen abends sein Hoftor offen gelassen habe. Ueber Nacht kamen ausgehungerte Hasen herein und frassen von den in der Nähe des Tores stehenden Taxussträuchern. Früh lagen vier dieser Hasen ganz in der Nähe der Taxussträucher tot da. Auf das den Hasen ja sehr nahe stehende Kaninchen komme ich weiter unten zu sprechen.

Wir kommen zur Wirkung auf **Haustiere.** Solche Vergiftungen sind vielfach beobachtet worden, sowohl durch frische als getrocknete Blätter. Diese starke giftige Wirkung der Blätter kam z. T. durch zufälliges Fressen und z. T. durch absichtliches Füttern zustande.

6 junge Rinder erkrankten nach dem Genuss von Taxusblättern. Eins davon starb apoplektisch unter Konvulsionen, lautem Brüllen, ein zweites nach vier Tagen. Die übrigen

---

1) Ehrenberg u. v. Romberg, p. 353.

2) Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft Jahrgang 1908.

genasen nach acht Tagen. Die Symptome waren: Erbrechen, Tympanitis, Verstopfung, Polyurie, Strangurie, Haematurie sowie allgemeiner Sopor.[1])

4 Rinder drehten sich nach Aufnahme von Taxusblättern plötzlich im Kreise, taumelten und fielen in wenigen Minuten tot nieder.[2])

Innerhalb zwei Tagen verendeten 6 Kühe eines Besitzers ohne vorhergehende auffallende Krankheitserscheinungen ganz plötzlich nach kurzem Taumeln und Zusammenstürzen unter Brüllen, nachdem sie den Abfall geschnittener Taxusbäume gefüttert erhalten hatten.[3])

2 Ziegen erkrankten nach dem Fressen von Taxusblättern unter starkem Aufblähen, Schwanken, Taumeln und Schlafsucht. Eine von ihnen wurde durch den Pansenstich und Einbringen von Kognak und Glaubersalz in den Pansen geheilt.[4])

5 Fohlen weideten auf einem Platze, welcher mit einer Taxushecke eingefasst war. 2 starben plötzlich. Die andern zeigten Zittern, Muskelzuckungen, Verlangsamung des Pulses, unfühlbaren Herzschlag, Schwanken, Abstumpfung, Unempfindlichkeit, Polyurie, Strangurie usw., von Zeit zu Zeit fielen sie wie tote Körper um. Sektion der krepierten Tiere: Zweige und Blätter im Magen, Magendarmschleimhaut dunkel gerötet, im Dickdarm linsengrosse rote Flecke, Darminhalt blutig, Gehirnhäute stark hyperämisch.[5])

Eine Schafherde hatte Eibenbaumblätter gefressen. Mehrere Tiere wankten, taumelten, fielen um, stöhnten, verdrehten die Augen und schlugen mit dem Kopfe gegen den Boden. Nach etwa 1/4 Stunde standen sie wieder auf und fingen wieder an zu fressen. Nach 1—3 Stunden wiederholte sich derselbe Anfall, bei einigen war er sogar ein drittes Mal zu beobachten.[6])

2 Pferde erkrankten 2 Stunden nach dem Fressen von Eibenblättern plötzlich auffallend schwer und starben apoplektisch. Die Sektion ergab gastroenteritische Erscheinungen.[7])

[1]) De Bruin, Holländ. Ztschr. f. Tierheilk. 1883.
[2]) Read, The Veterinarian 1844.
[3]) Arndt, Berl. Arch. 1895.
[4]) Schüler, Ztschr. f. Veterinärkunde 1898.
[5]) Gerlach, Gerichtliche Tierheilkunde 1872.
[6]) Mönch, ibidem.
[7]) Hess, Repertorium 1889.

3 Rinder frassen in der Nacht von Eibenkränzen, welche abends als Streu verwendet waren und krepierten sämtlich zwischen 4—5 Uhr morgens unter Zittern, Brüllen und Zusammenstürzen. Sektion: Labmagenschleimhaut fleckig kirschrot gefärbt und geschwollen, Pansenschleimhaut streifig gerötet.[1])

6 Rinder, welche bereits faulende Eibenbaumblätter gefressen hatten, fielen plötzlich um und starben in kurzer Zeit unter Krämpfen, ähnlich wie bei der Blausäurevergiftung.[2])

2 Kühe starben nach der Aufnahme von Taxusblättern unter den Erscheinungen von Schwindel, Zittern und Herzschwäche. Bei der Sektion fand man Ekchymosierung der Schleimhaut im Schlund, Magen und Darm.[3])

Dewez sah, einem belgischen Berichte zufolge, nach Aufnahme von Eibenblättern vermutlich bei Kühen oder Pferden Meteorismus, Harnzwang, blutigen Harn, Nephritis, Hyperämie der Scheidenschleimhaut und tödliches Koma.

2 Pferde krepierten in Mariaspring bei Göttingen (1861) durch den Genuss einer Partie alter aus Taxus bereiteter Girlanden rasch.[4])

2 Rinder hatten nur je etwa eine Handvoll Eibennadeln und Zweige gefressen. Das eine Tier musste infolge Vergiftungserscheinungen notgeschlachtet werden, das andere erhielt grössere Mengen Leinsamenschleim und abführende Stoffe und genas. Die Anzeichen der Vergiftung bestanden in Blähungen und Zittern und Schwäche der Gliedmassen.[5])

Im März des Jahres 1904 schickte ein Schweriner Fuhrunternehmer ein Gespann in einen Garten, um eine Fuhre Holz zu holen. Unbeaufsichtigt standen die Pferde kurze Zeit an einem Eibengebüsch *(Taxus baccata)* und frassen von den grünen Zweigen. Kaum 10 Minuten von dem Ladeplatze entfernt krepierte das eine Pferd, das andere fiel, ehe es den Stall erreicht hatte. Die Eibenblätter wurden im Magen der sezierten Pferde nachgewiesen.

---

[1]) Hable, Oesterr. Ztschr. 1889.

[2]) Wallis Hoare, Vet. Record 1893.

[3]) Kegelaer, Holl. Ztschr. 1894.

[4]) Th. u. A. Husemann, a. a. O., p. 420.

[5]) Grimme, Berl. Tierärztl. Wochenschr. 1907, Nr. 38; d. Pharm. Ztg. 1907, Nr. 52, 812.

Ein Pferd fuhr Kies in einen Garten und frass bei dieser Gelegenheit von einem Eibenstrauch. Es kam anscheinend ganz gesund in den Stall und wurde getränkt. 1/4 Stunde später fiel es unter Krampferscheinungen um und krepierte wie nach einer Strychninvergiftung. Im Magen des Tieres fanden sich 189 Gramm grüne Zweige und Nadeln der Eibe.[1])

Im Kriege 1870 frassen die Pferde eines Zuges französischer Kürassiere in einem Parke Eibenzweige. Von den 22 Pferden gingen nach kurzer Zeit 20 ein. 2 Kutschpferde starben innerhalb einer Stunde nach dem Fressen von Taxuszweigen in den Anlagen von Kolberg.

Soweit hatte ich die Literatur zusammengestellt, als mir erst die erschöpfende Kasuistik von Ehrenberg und von Romberg unter die Augen kam. Ich erlaube mir an der Hand dieser meine Berichte zu ergänzen. Nach dem Récueil de méd. vetérinaire vom Jahre 1854 frassen Schafe und Ziegen Eibenlaub für gewöhnlich nicht, während der Bock es ohne Schaden geniessen könne. Nach Rossmässler (1886) wird in den österreichischen Alpenländern Eibenlaub dem Rindvieh ohne jeden Schaden alljährlich in reichlicher Menge verabfolgt. Auch Brandt und Ratzeburg sowie Burkhardt (1880) erwähnen, dass Ziegen und Rindvieh ohne Schaden Eibennadeln fressen. Der Oberförster Ahlers in Bremervörde berichtet, dass im Hessischen Eibenlaub zur Vermehrung der Milch den Kühen systematisch mit bestem Erfolg gereicht werde. Seine Fütterungen an einer milchenden Ziege, einem Hammel und einem trächtigen Schafe bestätigten die Ungiftigkeit des Eibenlaubes. Auch Errera[2]) gibt an, dass Weidetiere das Eibenlaub nicht verschmähen.

Diesen die Ungiftigkeit des Eibenlaubes dartuenden Berichten stellen Ehrenberg und von Romberg viele andere gegenüber, welche das Gegenteil dartun oder richtiger gesagt darzutun scheinen. Schon J. Bauhin berichtet in seiner Historia plantarum, dass in den Gebirgen Burgunds Kühe, Ochsen und Esel an Eibenvergiftung gestorben seien.

---

[1]) Lorenz, Ztschr. f. Veterinärkunde 1901.

[2]) Nach Kirchner, Loew, Schröter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas Bd. 1, 1908, S. 73. Zitiert nach Ehrenberg und von Romberg.

Auch Blumenbach, Lucas (1856) und Flower sollen ähnliche Vergiftungsfälle berichten. Ueber absichtliche Vergiftungen, die Viborg herbeiführte, berichte ich unten.

Am meisten übereinstimmend sind die das Pferd betreffenden Angaben. Schon de Villars (1752) und Kurt Sprengel (1822) berichteten, dass Pferde an Eibennadeln zugrunde gehen. Zwei Pferde, die im Württembergischen 1 Stunde lang Eibennadeln gefressen hatten, verendeten plötzlich. Brenken-Wewer berichtet an Ehrenberg und von Romberg, dass bei einer Ausfahrt im Ampezzotal in Kortina die Pferde seines Mietswagens, die während einer Ruhepause von einer Eibenhecke gefressen hatten, nach einer Stunde tot niederstürzten. An dieselben Autoren berichtete Weise einen ganz analogen Fall. von Pannewitz[1]) berichtet, dass in Göttingen ein Paar Pferde, die während eines Regenschauers in einen lange nicht benutzten Stall geführt worden waren, dort von Kränzen und Eibenzweigen, die nach einem Ball dort hingeworfen waren, frassen und nach einer halben Stunde tot waren. Die Sektion ergab, dass jedes der Tiere etwa $^1/_2$ Pfund trockne Nadeln verzehrt hatte. 240 g desselben Materiales einem dritten Pferde vom Inspektor der Tierarzneischule eingegeben, töteten dieses ebenfalls plötzlich und ohne Prodrome. Rossmässler (1881) und Beissner (1891) kennen auch Fälle von schnellem Tod von Pferden durch Eibenfressen. In Dessau und im Lustgarten zu Berlin frassen dort angebundene Pferde der Franzosen 1806 Zweige junger Eiben und gingen rasch daran zugrunde. Vogler[2]), der uns die Erfahrungen der Schweiz wiedergibt, spricht sich dahin aus, dass Pferde und Rinder zwar beide gegen Eibenblätter sehr empfindlich sind, sich durch tägliches Fressen kleiner Mengen auf der Weide aber an das Gift gewöhnen und dann grosse Dosen ohne Schaden ertragen. Lowe[3]), der uns als Repräsentant der Anschauungen Grossbritanniens gelten kann, wirft die Frage auf, ob das Gift vielleicht in männlichen Pflanzen stärker vorhanden sei als in weiblichen, oder ob der Giftgehalt aus anderen Ursachen wechselt. Brandt und Ratzeburg wollten die Giftigkeit vom Standort abhängig machen; die bei Berlin wachsenden Eiben seien ungiftig, im

[1]) Nach Neumann, Aus Leben, Sage und Geschichte der Eibe. Bautzen 1907/08.

[2]) Vogler, Die Eibe in der Schweiz 1905.

[3]) Lowe, The yews of Great Britain and Ireland. London 1897.

Gegensatz zu den bei Dessau, Wörlitz und im Harz wachsenden. Orfila endlich erklärte, alte Eiben wirkten ganz anders als junge.

Auf die an Tieren gemachten Experimente kommen wir weiter unten zu reden.

II. Vergiftungen von Menschen durch Eiben.

Ein 21jähriges, im 7. Monat schwangeres Mädchen, welches auf Anraten eines Hirten 1,5 g Taxusblätter zur Abtreibung der Leibesfrucht gegessen hatte, zeigte nach 5 Stunden Unbehagen, Schwindel, Betäubung. 1 Stunde später starb sie. Die Sektion ergab im schwangeren Uterus nichts, was auf beginnenden Abort gedeutet hätte, sondern zeigte nur Injektion und Ekchymosen im Magen und Hyperämie der Leber.[1])

Ein 19jähriges Mädchen nahm während 3 Tagen am Morgen ein Glas einer Abkochung von Taxus, zu deren Zubereitung 5—6 Unzen der Blätter, am 4. Tage acht Unzen verwendet waren. Starkes Erbrechen. Nach acht Tagen seit der letzten Gifteinfuhr erfolgte unter Delirien der Tod. Die Sektion ergab nichts.[2])

Manny Deas[3]) beschreibt einen Fall, wo eine Frau, die bereits eine Zeitlang im Hospital wegen chronischer Melancholie und Dementia behandelt wurde, auf einem Spaziergange eine geringe Menge von Blättern, darunter solche der *Ilex Aquifolium* und der *Taxus baccata* ass, die sich auch bei der Sektion fanden. Nach der Rückkehr ins Hospital wurde Patientin bald kränker; blasses Gesicht, geschlossene Augen, sehr schwacher Puls, später Bewusstlosigkeit, Konvulsionen in den Gesichtsmuskeln, kontrahierte Pupillen, dann kalte Extremitäten, schwache Herzkontraktionen wurden beobachtet. Unter Abnahme der Respiration und Herztätigkeit starb Patientin etwa 1 Stunde, nachdem die ersten Krankheitssymptome wahrgenommen waren. Die Sektion ergab Kongestion des Hirns und der Hirnhäute; Blutreichtum des Sinus und der Nerven. Auch in den Organen der Brust venöse Kongestionen. In der Magenwandung nur geringe Blutansammlungen. Bei diesem Falle waren besonders die geringen

---

[1]) Brandis bei Gmelin, Geschichte der Pflanzengifte 1803, p. 498.

[2]) Ref. in Annal. d' Hyp. publ. 1870 [2. S.], Bd. **34**, p. 441.

[3]) Notes of a remarkable case of poisoning by leaves of yew. Brit. med. Journ., Jg. 1876, Bd. II, Nr. 821, p. 392.

Mengen der genossenen Blätter, der schnelle Verlauf der Vergiftung, die Abwesenheit von Erbrechen und Reizung des Darmtraktus beachtenswert.

Eine ähnliche Vergiftung durch Taxus, und zwar durch *Taxus fastigiata,* beschreibt Whitehead Reid[1]). Erbrechen, Bewusstlosigkeit, Kollaps, später Unregelmässigkeiten der Herztätigkeit, starke Pupillenerweiterung, oberflächliche, unregelmässige Respiration. Keine Krämpfe und keine bemerkbaren Darmsymptome. Nach Anwendung der Magenpumpe, Senfteig, Wärmflaschen, Ammoniak und Branntwein stellte sich Durst und nach Genuss von Milch neues Erbrechen ein. 14 Stunden nach Aufnahme des Giftes Besserung, allmählige Rückkehr der Körperwärme, Schweiss etc. Der Puls wurde regelmässig, der Schlaf leicht; aber noch während mehrerer Tage zeigte der Puls häufigen Wechsel in seiner Frequenz (55—92). Auch litt Patientin an Kopfschmerz.

K. B. Balding[2]) berichtet, dass ein Mädchen infolge Genusses junger Zweige der Eibe starb.

Barling[3]) berichtet über einen Fall von Vergiftung durch irischen Eibenbaum (Taxus). Eine schwangere Frau wollte zum Zwecke des Aborts Sadebaumtinktur einnehmen und nahm irrtümlich einen Dekokt aus Zweigen und Blättern des irischen Taxus. Sie erkrankte unter schweren Vergiftungserscheinungen, wurde aber geheilt und nach 6 Monaten von einem ausgetragenen Kind entbunden, das aber bald starb. (Virch. Jahresb., 37. Jg. Berlin 1903, Bd. 1, p. 642.)

Einen ausführlichen Bericht über eine Vergiftung durch *Taxus baccata* bei einer 33jährigen Frau lieferte Erhard Glaser[4]). Eine bis dahin vollkommen gesunde Frau gab vor dem Schlafengehen ihrem Mann an, sie wolle sich einen Glühwein machen, da sie sich nicht wohl fühle. Am nächsten Morgen fand der Mann das Bett seiner Frau unberührt. Er eilte in die Küche und fand seine Frau ausgestreckt, mit dem Gesicht nach unten gewendet, tot auf dem Fussboden liegend. Aeussere Gewaltanwendung war nicht zu erkennen. Die hinzugerufenen Aerzte beantragten die

---

[1]) Brit. med. Journ. 1877, Nr. 876, p. 442.

[2]) Ebenda 1884, I, S. 818.

[3]) Barling, A. Stanley, Poisoning by irisch yew. Lancet 1902. Bd. 1, p. 1103.

[4]) Wiener Klin. Wochenschr., Jg. **21**, Nr. 40. 1908.

gerichtliche Sektion zur Feststellung der Todesursache. Diese ergab: Dunkle, verschwommene, ins Grünliche spielende Verfärbung der Hirnrinde. Im Magengrunde auf der Schleimhaut deutliche Spuren von Blutaustritten. Milz auffallend vergrössert. Die Gebärmutter zeigte wesentliche Veränderung. Sie war im Körper bedeutend vergrössert und hatte stark verdünnte, schlaffe Wandungen. Die Muskelschicht war dünn, schmutzigblassrot verfärbt und sehr gelockert. Die Veränderungen der Gebärmutter liessen mit Sicherheit schliessen, dass die Gebärmutter vor kurzer Zeit eine mehrmonatige Frucht abortierte. Schwangerschaft im 3. Monat war 10 Tage vor dem Tode der Frau im Hospital konstatiert worden. Da die Sektion die Frage nach der Todesursache nicht sicher lösen konnte, wurde der Mageninhalt chemisch untersucht. Auf Grund der Ergebnisse wurde eine Vergiftung durch *Taxus baccata* wahrscheinlich gemacht.

Der nach Kobert[1]) für Taxusleichen charakteristische terpentinartige Geruch fehlte hier. Ebenso der von Schroff, Adelmann[2]), Hartmann[3]) und Boretius[4]) hervorgehobene heitere Gesichtsausdruck.

Redwood[5]) hat in einem Falle von Vergiftung einer Frau mit einer Abkochung von Taxusblättern den Mageninhalt untersucht und im Magen und Duodenum Reste der mit der Abkochung gleichzeitig genommenen Blätter sowie Entzündungserscheinungen konstatiert. In diesem Falle war die Abkochung aus 150—180 g Blättern mit 2¼ Liter Wasser bereitet, wovon 2—3 Dosen von anderthalb Tassen genommen waren. Erbrechen und Leibschmerzen wurden beobachtet. Die Sektion ergab ausser Nierenhyperämie und einem alten Herzfehler keine besondere Veränderung. Ein im Uterus befindlicher Fötus war intakt.

Wallis[6]) berichtet über eine Vergiftung mit Taxusblättern bei einem 13jährigen Mädchen, welches an Amenorrhoe litt,

---

[1]) Kompendium der praktischen Toxikologie 1903, p. 33.

[2]) Henkes Ztschr. 1856, p. 66.

[3]) Journal f. prakt. Heilkunde 1827, Bd. 64, St. 1, p. 130.

[4]) Henkes Ztschr. 42, Ergänzungsheft.

[5]) Redwood, Sur les propriétés toxiques de l'if (traduit du Pharmacentical Journal 1877, Bd. 2, p. 361). Bull. gén. de thérap., Bd. 1, p. 24; Pharm. Jahresb., Jg. 1877. Göttingen 1878, p. 572; Virchows Jahresb., Jg. **13**, Bd. 1, p. 413. Berlin 1879.

[6]) British med. Journ. 1871, Bd. 1, p. 648; Pharm. Jahresb., Jg. 1871. Göttingen 1872, p. 538.

jedoch nicht schwanger war. Ausser Erbrechen ging dem plötzlich erfolgten Tode kein Vergiftungssymptom voraus. Die Sektion ergab ausser unbedeutender Hyperämie der Hirnhäute, der Leber und der Nieren eine eigentümlich grüne Färbung des Magen- und Darminhalts. Bruchstücke der Eibenblätter fanden sich im Magen, auch war die Schleimhaut des Magens und der Intestina stellenweise entzündet.

Eine junge Frau, welche Taxusblätter als Abortivum benutzte, starb ohne Konvulsionen, und ihre Gesichtszüge waren so natürlich als wenn sie schlief.[1]) In einem andern Fall genossen elf Personen von einer Taxusabkochung. Bei einigen von ihnen zeigten sich Schwindel, Kopfschmerz, Nausea und Erbrechen. Zwei von ihnen starben im Verlauf einer Stunde ohne Schmerzen oder Konvulsionen.[2])

III. Vergiftungen durch Eibenbeeren (Früchte).

Die Früchte sollen nach dem oben (p. 4) Gesagten sowie nach Schroffs[3]), Grogniers[4]) und Schlottbauers[5]) Prüfungen ungiftig sein. Letzterer empfiehlt sogar den Eibenbaum seiner Früchte wegen zum Anpflanzen. Dem stehen Angaben von Barthélemy, Göppert und Meyer gegenüber, ferner die Beobachtungen von Selle[6]) Hust[7]) u. a., wo Kinder durch Genuss von vielen Taxusbeeren an Gastroenteritis zugrunde gingen, wie die Sektion ergab. Eine Reihe Autoren, wie v. Hasselt und Krahmer erklärten das Fleisch der Früchte für ungiftig, während der Kern das oder die giftigen Prinzipien der Blätter enthalte. Dagegen sprechen Grogniers Versuche, wonach die gehörig zerkleinerten Samen in grosser Quantität bei Pferden keine Wirkung hervorbringen. Nach James Thompson[8]) dagegen starb ein Pferd nach Fressen von Taxusbeeren binnen einer Stunde. Die Kerne einer verwandten Art, *Taxus nucifera*

[1]) The National Dispensatory, Philadelphia 1879, p. 1380.
[2]) ibidem.
[3]) Pharm. Jahresb., Jg. 1859, p. 19.
[4]) Orfila, Lehrb. 5. Toxikologie I., II., Braunschweig 1853, p. 266.
[5]) Pharm. Jahresb., Jg. 1859, p. 19.
[6]) Franks Mag. 3, Bd. 4, p. 342.
[7]) Taylor, on Poisons, p. 741.
[8]) Thompson, James, Lancet 1868, p. 530.

Kämpfer, sind dagegen nach Husemann (a. a. O.) in Japan sogar eine Delikatesse. Mitlacher (a. a. O.) führt die schwankenden Angaben in der Literatur über die Giftigkeit der Beeren darauf zurück, dass im Arillus (Hülle) sowohl der frischen als auch der getrockneten Beeren das Myzel eines parasitären Pilzes enthalten ist, welches die chemische Zusetzung des wirksamen Prinzips hervorruft und so auf die stärkere oder schwächere Giftwirkung Einfluss haben könnte. Nach Kannegiessers neuen Selbstversuchen soll die reife Frucht, in kleinen Mengen genommen, ungiftig sein; ob diese von dem genannten Pilze infiziert waren, lässt Kannegiesser unerwähnt. In anderen Fällen waren sie, wenigstens in grossen Dosen, für Menschen nicht unschädlich.

Ein neunjähriger Knabe in Oxford hatte an einem Nachmittag vielleicht mehr als 100 Eibenbeeren mit den Samen gekaut und verschluckt. Um $^1/_4$9 Uhr ging er zu Bett und schlief ein. Etwa um 3 Uhr in der Nacht hörte der Vater ihn jammern, versuchte ihn zu wecken und gab ihm ein Brechmittel aus Senf und Wasser. Es erfolgte schwaches Erbrechen, später Konvulsionen und $^1/_4$ vor 4 Uhr der Tod. Drei andere Kinder, die gleichzeitig von den Beeren gegessen, aber den Samen ausgespuckt hatten, spürten keine üblen Wirkungen.[1])

Dem ähnlich ist ein Fall, wo ein Kind, welches Eibenbeeren gegessen hatte, mit Konvulsionen, kalter und feuchter (clammy) Haut, erschwerter Atmung, erweiterten Pupillen und Brechversuchen im Felde aufgefunden wurde. Es starb, bevor etwas getan werden konnte. Andere Kinder hatten auch Beeren gegessen ohne diese Folgen. Aber sie hatten nur das Fleisch (pulp) genossen, die Kerne (stones) dagegen weggeworfen.[2])

Ein dreijähriges Kind verzehrte 50 Taxusbeeren, erkrankte danach und starb. Hausmittel hatten keinen Erfolg (Branntwein, Rizinusöl etc). Ein Dr. White erklärte infolge der Phänomene bei der Sektion, dass der Tod durch die Beeren hervorgerufen worden sei.[3]) (Pharm. Jahresb., Jahrg. 1866. Göttingen 1867, p. 43.)

---

[1]) Pharm. Jahresb. von 1879, p. 273.

[2]) The Dispensatory of the United States of America, 16. Edition. Philadelphia 1889, p. 1933.

[3]) Pharm. Journ. and Transact (2 Ser.) **6**, 489.

Ein anderer Fall ereignete sich in einem Alumnat[1]), betraf also ebenfalls wohl eine jugendliche Person.

Ein Kind starb nach Genuss von Taxusbeeren innerhalb 4 Stunden.[2])

IV. Tierversuche früherer Autoren mit Teilen der Eibe und Auszügen daraus.

Ehe wir zur Besprechung der von der Chemie in der Eibe nachgewiesenen Stoffe übergehen, scheint es mir angebracht, erst die experimenti causa angestellten Fütterungen mit Nadeln, Abkochungen etc. anzuführen, da sie ebenfalls recht wichtig sind. Einige solcher wurden im Vorstehenden schon nebenbei mit erwähnt.

Für **Hühner** wird die letale Dose auf 30 g Blätter angegeben.

Auch für anderes Federvieh soll Eibenlaub älteren französischen Berichten von Grandeau, Cailleux, Desfontaines, Conu etc. zufolge sehr giftig sein.

Nach Chevallier genügten 30 g frische Eibennadeln, um einen **Hund** von unbekanntem Gewicht in 4—6 Stunden bei innerlicher Verabfolgung zu töten. Ob sonst noch Versuche an dieser Tierart vorliegen, ist mir unbekannt.

Für zahme **Kaninchen** berechnet Cornevin nach seinen Versuchen die letale Dose auf 20 g Nadeln pro Kilo Körpergewicht. Ehrenberg und von Romberg[3]) haben das Verdienst, diese Versuche fortgesetzt zu haben. 2 Albinokaninchen von je $1^1/_2$ Kilo Gewicht erhielten binnen 13 Tagen pro Tag jedes im Durchschnitt 5 g Nadeln und blieben gesund. Von 2 sehr grossen Graukaninchen von je 4 Kilo Gewicht erhielt das erste 15 Tage lang täglich im Durchschnitt 10 g zerquetschte Nadeln und das zweite knapp halb so viel und blieben gesund. „Da kaum anzunehmen ist," so schliessen Ehrenberg und von Romberg ihre Versuche, „dass der **Hase** sich anders verhalten und empfindlicher sein sollte als das zahme Kaninchen, so konnte durch unsere Versuche die Anschauung, dass die Eibe für Nagetiere giftig ist, und dass es leicht gelingt, Kaninchen durch Eiben zu

---

[1]) Med. Times and Gaz. 1870, ii 446.

[2]) Thompson, James, Lancet 1868, p. 530.

[3]) Ehrenberg und von Romberg l. c. p. 370.

vergiften, in keiner Weise gestützt werden." Die Dose von 20 g Nadeln pro Kilo Kaninchen, die nach Cornevin nötig ist, erklären die Genannten für eine doch ziemlich erhebliche. Sie möchten bezweifeln, ob ein Kaninchen die gleiche Menge von Tannen- oder Fichtennadeln, „die doch nicht giftig sind," ohne Schaden verträgt. Diese Annahme, dass das Laub unserer Nadelhölzer ganz harmlos sei, ist jedoch ein Irrtum dieser Autoren. Es ist bekannt, dass selbst der abgetrocknete, auf den Hof geworfene Christbaum schon wiederholt tödliche Vergiftungen besonders von Ziegen hervorgerufen hat; die frischen Nadeln der Tannen und Fichten können noch viel weniger für in jeder Dose ungiftig erklärt werden.

Was **Ziegen** anbelangt, so fand Lenz[1]) einen Ziegenbock, dem er Eibenzweige statt Heu in die Raufe gegeben hatte, nach wenigen Stunden tot vor. Burckhardt[2]) dagegen will festgestellt haben, dass die Eibennadeln für Ziegen gänzlich ungiftig sind, und Ahlers reichte drei Tage lang einer Milchziege täglich so viel Eibenlaub, als das gefrässige Tier uur fressen konnte, ohne irgend welchen Schaden dadurch entstehen zu sehen. Ehrenberg und von Romberg[3]) verfütterten Eibenlaub aus ganz verschiedenen Gegenden Deutschlands an Ziegen in sehr grossen Mengen. Ziege Nr. 1 frass zunächst allein in 12 Tagen 710 g Eibenlaub und sodann mit Ziege Nr. 2 binnen 27 Tagen gemeinsam 5000 g Eibenlaub aus Albendorf a. W. und sodann binnen 7 Tagen noch 2850 g Eibenlaub aus Höxter, ohne zu erkranken. Die Giftigkeit der Eibe für Ziegen kann daher von den genannten Autoren nicht zugegeben werden.

Da der älteren Literatur nach auch für den **Hammel** das Eibenlaub giftig sein soll, reichte Ahlers einem Hammel und einem Schafe acht Tage vor dem Werfen täglich drei gehäufte Hände voll Eibennadeln drei Wochen hindurch, ohne dass die geringste Störung entstand, Ehrenberg und von Romberg[4]) fanden bei ihren Versuchen, dass weder Eibennadeln aus Albendorf a. W. noch die aus Zietschbusch in der Tucheler Heide (Ostpreussen) auf ihre Versuchshammel auch in grossen Dosen irgend

---

[1]) Lenz, Botanik der alten Griechen und Römer, p. 388.

[2]) Burckhardt, Säen und Pflanzen nach forstlicher Praxis, Hannover 1880, p. 443.

[3]) l. c. p. 378.

[4]) l. c. p. 375.

welchen schädlichen Einfluss hatten. Die Giftigkeit der Eibe für Hammel möchte man daher danach ebenfalls in Abrede stellen. Dagegen sah Viborg[1]) in Kopenhagen bei einem Widder nach Beibringung von 16 Lot Eibennadeln Betäubung, Schweratmigkeit, kleinen Puls, Brechneigung, Auftreibung des Bauches und nach 12 Stunden den Tod unter Zuckungen eintreten. Einem alten Berichte des Hannoverschen Magazins von 1781 (126 u. 847) zufolge fielen von einer Herde melkender Schafe, die man in einen Klostergarten getrieben hatte, wo sie Eibennadeln fressen konnten, über Nacht sogar 40 Stück und am Morgen noch weitere 40.

Cornevin[2]) stellte fest, dass auch für das **Schwein** die Eibennadeln giftig sind und zwar berechnet er die letale Dose auf 3 g Nadeln pro Kilo Körpergewicht. Auch Chevallier und Viborg wissen je von einer Schweinevergiftung zu berichten, andere Autoren aber nicht.

Was **Rinder** anbelangt, so existiert eine ziemliche Anzahl von zufälligen Vergiftungen (vgl. oben p. 7—9); absichtliche Experimente an dieser Tierart kenne ich jedoch nicht.

Für **Pferde** habe ich oben (p. 10—11) die zufälligen Vergiftungen schon besprochen, denen aber hier auch noch einige absichtliche Experimente angefügt werden müssen, die ich nach Ehrenberg und von Romberg[3]) kurz anführe.

Bredin und Henon in Lyon gaben einem Pferde und einem Maultiere je 6 Unzen (180 g) Eibennadeln ein; beide gingen daran zugrunde, während ein anderes Pferd die doppelte Menge Eibennadeln ohne Schaden verzehrte. Nach Krünitz töteten 300 g frisches Eibenlaub ein Pferd binnen $3^1/_2$ Stunden, ein zweites starb nach 279 g schon nach 2 Stunden, ein drittes nach 450 g erst viel später. Weiter genügte bei einem vierten eine viel kleinere Dose um rasch letal zu wirken, während ein fünftes binnen 5 Tagen 1050 g Eibenlaub erhalten musste, ehe es einging. Versuche, welche Havemann in Hannover mit Eibenlaub an Pferden vornahm, endeten sämtlich mit dem Tode der Tiere. Viborg in Kopenhagen berichtet in seinen von Chevallier zitierten Erfahrungen „über die Eigenschaften der Eibe" über ein Pferd, das nach vorherigem Hungern 240 g Eibenlaub frass und binnen einer Stunde daran starb. Reuter in Dresden fütterte

---

[1]) Viborg, zitiert bei Krünitz, Oekonomisch-technische Enzyklopädie.

[2]) Cornevin, Plantes vénéneuses. Paris 1887.

[3]) Ehrenberg und von Romberg l. c. p. 358.

daraufhin ebenfalls ein Pferd nach vorherigem Hungern mit 240 g Eibenblättern; es blieb jedoch ganz gesund. In Wien reichte man einer neunjährigen Stute 210 g Eibennadeln unter Hafer ohne schädliche Folgen. Als ihm aber dann nach 4stündigem Hungern eine Latwerge aus 210 g zerstossenen Nadeln und Zweigen mit 360 ccm Wasser eingegeben wurde, erfolgte binnen einer Stunde der Tod. Nach Dujardin[1]) verzehrten in Frankreich zunächst zwei Pferde je 1500 g Eibennadeln (mit Kleie) ohne Nachteil, ein anderes sogar 3000 g. Einem vierten schadeten 300 g und 500 g nichts, wohl aber ging es an 2300 g, binnen 2 Stunden verabfolgt, zugrunde. Ein fünftes starb an 1500 g. Ein sechstes vertrug binnen 3 Tagen 2500 g Eibennadeln, ging aber dann nach nochmaliger Darreichung von 1200 g auf einmal zugrunde. Getrocknete Eibennadeln wirkten schon in Mengen von 500 g bei 2 Pferden nach Chevallier tödlich.

Aus diesen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, dass für nicht daran gewöhnte Pferde das Eibenlaub nicht immer aber in vielen Fällen bei Darreichung grösserer Mengen giftig wirkt. Ehrenberg und von Romberg[2]) haben die Mühe und Kosten nicht gescheut, jetzt von neuem analoge Versuche zu machen. Mengen von 300—900 g frische Nadeln täglich blieben bei einem ersten Pferde ganz ohne Wirkung. Selbst 1500 g, was die nach Cornevin tödliche Dose von 2 g pro Kilo Lebendgewicht überschreitet, machten nichts. Nach weiteren 1500 g bekam das Tier Kolik, erholte sich aber wieder und verzehrte an 3 aufeinander folgenden Tagen 1800 g, 2100 g und nochmals 2100 g ohne davon krank zu werden. Ein zweites — allerdings nicht vorher vom Tierarzt auf seine Gesundheit untersuchtes — Pferd erhielt in 3 Rationen morgens, mittags und abends je 300 g Eibennadeln neben anderer Kost. Abends machte es noch einen ganz normalen Eindruck, aber über Nacht starb es. Das dritte Pferd bekam erst kleine Dosen, dann immer grössere. Binnen 9 Tagen wurde auf 2100 g Eibennadeln gestiegen. Es blieb ganz gesund. Diese drei Versuche zeigen, dass die Frage der Giftigkeit der Eibennadeln für Pferde nach wie vor ungeklärt ist; die toxische Wirkung tritt manchmal ein und manchmal nach noch grösseren Dosen nicht.

[1]) Dujardin, Annales d'hyg. publ. (2 sér.) 4, 1855, p. 117.

[2]) Ehrenberg und von Romberg l. c. p. 379.

V. Ueber die giftigen Bestandteile der Eibe.

Im Jahre 1856 isolierte Lucas[1]) aus Taxusblättern das **Taxin,** einen Stoff, den er als Alkaloid betrachtete. Marmé[2]) hat sich eingehend mit der Darstellung des Alkaloids beschäftigt. Er isolierte das Taxin durch Extraktion aus Blättern und Früchten mit Aether und Ausschütteln der ätherischen Lösung mit säurehaltigem Wasser. Daraus wird das Alkaloid durch Versetzen mit Ammoniak oder fixem Alkali in weissen Flocken abgeschieden. Ueber Schwefelsäure getrocknet gibt es ein kristallinisches weisses, geruchloses, bitter schmeckendes Pulver, welches sich wenig in Wasser, leicht in Aether, Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzol, nicht in Petroleumäther löst und bei 80° schmilzt. Fr. Brande[3]) isolierte unter Hilger nach Marmés Verfahren das Taxin aus Turiner Eibenblättern. Die Firma Merck vermochte für ihn aus 60 kg halbtrockner Blätter nur 31,2 g Taxin darzustellen. Der Prozentgehalt der Blätter an diesem Gift scheint also nur 0,05 % zu betragen. Brande stellte fest, dass es eine tertiäre Aminbase ist, und gab ihm die Formel $C_{37}H_{52}NO_{10}$. Eine andere Darstellungsmethode gab S. Vreven[4]). Das Taxin gibt mit den bekannten Alkaloidreagentien Fällungen; es löst sich in konzentrierte Schwefelsäure mit intensivroter Farbe. Es gibt amorphe Salze. Kristallbildung gelang Brande nur mit salzsaurem Taxin dadurch, dass in die Lösung des Taxins in wasserfreiem Aether trocknes Salzsäuregas eingeleitet wurde, wobei sich das Hydrochlorid $C_{37}H_{52}NO_{10} \cdot HCl$ direkt kristallinisch ausschied. Das Taxin ist in den parenchymatösen und pericyklischen Zellen der Wurzel, aber nicht in den Siebröhren nachzuweisen. Ferner ist es in denselben Elementen und im Marke des Stammes, in der Oberhaut, in den pericyklischen und in den Bastzellen der Blätter, auch in allen Zellen des Embryo und Endosperms des Samens von *Taxus baccata*. In den Blättern findet es sich sehr viel reichlicher als in den Samen. Thorpe und Stubbs[5]), welche das Taxin aus im Herbste gesammelten Blättern von *Taxus baccata*

---

[1]) Archiv d. Pharmazie Bd. **85,** 1856, p. 145.

[2]) Mediz. Centralbl. 1876, Bd. **14,** Nr. 6, p. 97.

[3]) Brande, Dissert. Erlangen 1890. Ber. d. D. Chem. Ges. Jg. **23,** 1890, p. 464.

[4]) Annales de Pharm. (Louvain) 1896, Nr. 4; cf. Pharm. Jahresb. Jg. 1892, Göttingen 1894, p. 507.

[5]) Chem. Ztg. 1902, 584.

durch 5—6tägiges Digerieren mit 1 %iger Schwefelsäure extrahierten, bestätigten die von Hilger und Brande gefundene Formel für Taxin. Mit Goldchlorid erhielten sie zwei Salze von den Formeln $C_{37}H_{52}NO_{10}AuCl_4$ (Schmelzpunkt 72,5° C.) und $C_{37}H_{52}NO_{10}AuCl_3$ (Schmelzpunkt 132—134° C.).

Ein kristallisierbares Glykosid, **Taxikatin**, stellte Lefebvre[1]) aus den frischen Blättern von *Taxus baccata* dar. Er benutzte die Methode, welche Tanret[2]) zur Gewinnung des Piceins aus den Blättern von *Pinus picea* anwendete. 5 kg frischer Zweige von *Taxus baccata* wurden in 27 kg siedendem Wasser, worin Calciumkarbonat suspendiert war, 20 Minuten lang gekocht. Dadurch wurden die pflanzlichen Fermente zerstört, und das vorhandene Glykosid und die Zuckerarten in Lösung gebracht. Darauf wurden die ausgekochten Zweige zu einem Brei zerkleinert und nochmals in derselben Flüssigkeit aufgekocht. Die nach dem Auspressen resultierende Flüssigkeit (17 l) wurde dann mit überschüssigem Bleiessig (200 : 1000 ccm) ausgefällt und das Filtrat mit Ammoniakflüssigkeit versetzt. Zu dem das Glykosid und die Zuckerarten enthaltenden Niederschlag wurde eine genau entsprechende Menge H_2SO_4 getan. Diese Lösung wurde im Vacuum eingedampft und der Rest sechsmal mit je 500 ccm neutralem, wassergesättigtem Essigäther heiss behandelt. Nach dem Abdestillieren des Essigäthers im Vacuum erstarrte der erhaltene Sirup beim Erkalten. Nach dem Anrühren mit 95 %igem Alkohol, Absaugen des ausgeschiedenen Produktes mit der Pumpe und Auswaschen des Rückstandes mit 95 %igem Alkohol und dann mit Aether resultierte eine Verbindung, die sich leicht aus der 10fachen Menge siedenden Alkohols von 95 % umkristallisieren liess. Die Kristalle schmolzen bei 164—165°; sie waren linksdrehend (α_d = —72°), gaben Blaufärbung mit rauchender Salpetersäure. Wegen der schwierigen Trennung der durch Bleiessig und ammoniakalisches Bleiacetat erzeugten Niederschläge und wegen zu langsamer Kristallisation war die Ausbeute nach dieser Methode nur gering. Lefebvre erhielt trotzdem daraus das Glykosid. Er löste die Extrakte in 95 %igem Alkohol und fügte zu 300 ccm davon 1500 ccm wasser-

---

[1]) Lefebvre, Ch., La „Taxicatine", glykoside nouveau retiré du *taxus baccata L.,* Compt. rend. biol. **60,** 1906, p. 513; cf. Journ. Pharm. Chém. 1906, 304; Archiv d. Pharmazie Bd. **245,** 1907, p. 486 ff; Virchows Jahresb. Jg. **41,** Bd. 1, p. 154. Berlin 1907.

[2]) Tanret, Journ. de Pharm. et de Chémie 1894, p. 61.

freien Aethers. Da schied sich bald reichlicher schwarzer Extrakt aus, von dem die farblose ätherisch-alkoholische Flüssigkeit leicht zu trennen war. Zu dieser gab er 1000 ccm wasserfreien Aethers hinzu. Dann wurde ein kristallinischer Niederschlag an den Gefässwandungen ausgeschieden. Nach 24 Stunden wurden die Kristalle abgesaugt, nach dem Trocknen in der 10fachen Menge heissen 95 %igen Alkohols gelöst und diese Lösung mit wenig Tierkohle entfärbt. Durch Umkristallisation resultierte dann ein fast reines Produkt. Lefebvre wandte dann noch eine zweite Methode an. Die Ausbeute war aber auch hierbei nur gering, denn 70 kg Taxusblätter lieferten nur 35 g Rohglykosid, also 0,05 %. In der kalten Jahreszeit war die Ausbeute beträchtlicher als im Frühjahr. Zur Zeit des Hervorkommens der neuen Blätter enthielten diese nur geringe Glykosidmengen. Das Taxikatin kristallisiert in farblosen Nadeln, die meist zu Sphaerokristallen gruppiert sind. Es ist geruchlos. Der Geschmack ist schwach bitter. Das wasserhaltige Taxikatin schmilzt bei 164—165°, das wasserfreie bei 170—171°. Es löst sich bei 20° in 59 Teilen Wasser, ist löslich in Alkohol und Essigäther, unlöslich in Aether und Chloroform. Das Taxikatin wird durch verdünnte Schwefelsäure gespalten. Die Menge des gebildeten Zuckers beträgt, auf Traubenzucker berechnet, 58,01 %. Fehlingsche Kupferlösung und das Polarimeter ergaben das gleiche Resultat. Taxikatin wird auch durch Emulsin hydrolytisch gespalten. Lefebvre stellte die chemische Natur des bei der hydrolytischen Spaltung des Taxikatins gebildeten Zuckers fest. Er fand ein Drehungsvermögen von $\alpha_d = +50,94^0$. Das zweite Spaltungsprodukt des Taxikatins konnte nicht in kristallinischen Zustand gebracht werden. Es war in Wasser wenig löslich, reichlich in Alkohol und leicht in Aether. Das Taxikatin erwies sich als stickstofffrei. Die Analyse ergab folgende Daten:

0,1506 g wasserfreies Taxikatin lieferten 0,2953 g CO_2 und 0,0963 g H_2O.

0,1879 g wasserfreies Taxikatin lieferten 0,3682 g CO_2 und 0,124 g H_2O.

Das aus Wasser kristallisierte Taxikatin ergab lufttrocken:

0,2022 g lieferten 0,3572 g CO_2 und 0,1391 g H_2O.

Taxikatin gibt beim Behandeln mit 1 Tropfen rauchender Salpetersäure alsbald eine schöne Blaufärbung. Hierdurch unterscheidet sich das Taxikatin vom Picein und Koniferin, die diese

Reaktion nicht zeigen. Mit demselben Reagens gibt das zweite Spaltungsprodukt des Taxikatins eine Violettfärbung. Natriumhypochlorid und Eisenchlorid waren ohne Einwirkung auf das Taxikatin. Das zweite Spaltungsprodukt des Taxikatins liefert mit Natriumhypochlorid eine schwache Gelbfärbung, mit Eisenchlorid eine Violettfärbung.

H. Hérissey und Ch. Lefebvre wiesen ferner in *Taxus baccata* das Vorkommen von **Raffinose** und **Rohrzucker** nach.[1])

Lefebvre benutzte für seine Untersuchungen Zweige von 2 oder 3 Taxus aus einer Hecke im Hofe der Ecole supérieure de Pharmacie zu Paris. Die Zweige wurden ¼ Stunde nach der Ernte in Arbeit genommen. Das Taxikatin ist nach Lefebvre im Herbst und Winter in viel grösserer Menge in Taxus enthalten als von April bis Juli. Wie bei mehreren Pflanzen beobachtet, tritt beim Wiederbeginn der Vegetation eine Verminderung der vorhandenen Glykosidmenge ein. „Es scheint, dass sich während der Sommermonate eine Art von Reserveablagerung vollzieht. Diese, deren Menge während der Wintermonate kaum variiert, wird von der Pflanze zur Zeit der Blüte bis zu dem Moment nutzbar gemacht, wo die jungen, zu Zweigen herangewachsenen Sprossen selbst für die Assimilation fähig sind.“

	Formel.	Drehungsvermögen.
Picein	$C_{14} H_{18} O_7$	-84^0
Coniferin	$C_{16} H_{22} O_8$	$-66{,}9^0$
Taxikation	$C_{13} H_{22} O_7$	$-72{,}9^0$ [2])

Amato und Capparelli[3]) fanden in den grünen nadelförmigen Blättern von *Taxus baccata* ein farbloses kristallinisches Alkaloid **Milossin** mit Schimmelgeruch, das mit Salzsäuredämpfen weissen Rauch gab. Es ist in Wasser wenig löslich, leicht in Alkohol und Aether und gibt mit mehreren Alkaloidreagentien Niederschläge. Ausserdem fanden sie ein **ätherisches Oel** von dem Geruch des wilden Fenchel und eine farblose, **stickstofffreie**

[1]) Ueber das Vorkommen von Raffinose in *Taxus baccata*. Arch. d. Pharm. Bd. **245**, 1907, p. 483.

[2]) Bourquelot, Em., Neuer Beitrag zur biochemischen Methode der Untersuchung von Glykosiden in den Pflanzen, welche durch Emulsin hydrolysierbar sind; ihre Anwendung zum Studium von Pflanzen, die in der Volksmedizin angewandt werden. Vortrag auf d. intern. Kongress f. Pharmazie Brüssel, Journ. Pharm. Chem. 1910, II, 241.

[3]) Amato und Capparelli, Gazz. chimica **10**, 1880, p. 349; Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. Jg. **13**, 1880, p. 1999.

Substanz, die in sternförmig gruppierten Nadeln kristallisierte. Diese sind wenig in kaltem, leicht in heissem Alkohol löslich. Ueber die Wirkung aller dieser Substanzen ist nichts bekannt Wir können daher lediglich auf die mit Taxin und taxinhaltigen Auszügen eingehen.

VI. Ueber die Wirkung von taxinhaltigen Auszügen und von reinem Taxin.

Grognier in Lyon stellte folgende Versuche an:[1])

I. Im Herbst 1816 wurden 8 Unzen Früchte vom Taxusbaum, aus denen die Kernhäuser genommen waren, mit 2 Pfund Wasser bis zur Hälfte eingekocht und einem nüchternen Hunde gegeben. Er blieb völlig gesund.

II. 2 Unzen Kernhäuser aus Taxusfrüchten wurden mit der doppelten Menge Hafer vermischt und einem nüchternen Pferde vorgesetzt. Es frass sie nicht gern, äusserte aber kein Zeichen von Vergiftung.

III. Der Saft aus den Blättern der Pflanze wurde in der Dosis von 14 Drachmen und nachher von 2 Drachmen einem mittelgrossen Hunde von 4 Jahren gegeben. Mit Ausnahme von Erbrechen traten keine Folgen ein. Ein kleinerer Hund starb nach 10 Drachmen derselben Substanz.

IV. 1 Unze frischer Taxusblätter wurde mit 3 Pfund Wasser bis zur Hälfte eingekocht. Zwei Drittel wurden einem mittelgrossen, das übrige einem kleinen Hunde gegeben. Beiden Tieren wurde sofort das Maul verbunden, um das Erbrechen zu verhindern. Es trat kein Zeichen von Vergiftung ein. Am folgenden Tage wiederholte man den Versuch, stieg aber mit der Dosis um 2 Drachmen. Die Resultate waren dieselben.

V. Einem grossen, kräftigen Hunde spritzte Grognier 36 Gran wässeriges Extrakt aus Taxusblättern, in $1/2$ Unze Wasser gelöst, in die Drosselader. Nach 2 Minuten trat Schwindel ein und die hinteren Extremitäten wurden schwach. Nach 5 Minuten war er schlafsüchtig. Diese Symptome liessen nach und am folgenden Tage schien der Hund gesund.

VI. Derselbe Versuch wurde wiederholt an einem mittelgrossen Hunde, der weniger kräftig war als der vorige. Es traten ähnliche Symptome ein. Der Hund starb in der Nacht. Die Sektion ergab nichts.

Grognier rechnet nach diesen Versuchen den Taxusbaum zu den narkotischen Giften.

Der bekannte Wiener Pharmakolog Damian von Schroff[2]) stellte Versuche mit dem ätherischen Auszuge der Zweige

[1]) Orfila, M., Lehrb. d. Toxikologie, II. T., Braunschweig 1853, p. 266.

[2]) D. von Schroff, Zeitschr. d. k. k. Ges. d. Aerzte zu Wien, Jg. 1860, Nr. 21.

an, der ja das gesamte Taxin enthalten musste. 3—15 g davon (wie appliziert?) töteten Pferde, 1 g Kaninchen. Während letztere nach 1 g noch 1 Stunde lebten, starben sie nach 2 g binnen 35 Minuten. Das alkoholische Extrakt, welches bei längerem Aufbewahren an Wirksamkeit verlor, musste in der vierfachen Menge gegeben werden, um dieselben Wirkungen zu erzielen. Vom wässerigen Extrakt bewirkten selbst 10 g nur vorübergehendes Uebelbefinden. Schroffs Zeitgenosse Krahmer[1]) in Halle suchte die geringe Wirkung des wässerigen Extraktes gegenüber den stark narkotischen der Dekokte dadurch zu erklären, dass ein geschmackloses aber wirksames Harz der Eibe beim Kochen sich zusammenballe und bei der Extraktgewinnung als gleichgiltige Beimengung entfernt werde. Schroff dagegen nahm an, das längere Erhitzen mache das giftige Prinzip allmählich unwirksam.

Nach der Schilderung der älteren Autoren ist das Vergiftungsbild dabei verschieden, je nachdem das narkotisch wirkende Taxin oder die in den Nadeln vorhandene scharfe Substanz mehr zur Geltung komme. Wirkt das Taxin am meisten, so stürzen die Tiere nach wenigen Minuten apoplektiform zusammen und sterben schnell unter Taumeln, Konvulsionen, Brüllen und Zusammenstürzen. Wirken gleichzeitig die scharf reizenden Taxusblätter, so tritt Gastroenteritis hinzu und der Verlauf zieht sich in die Länge. Symptome: Würgen, Erbrechen, Speicheln, Schäumen, Verstopfung, Polyurie, Hämaturie, Strangurie (Symptome für Nephritis und Cystitis), ferner Schwindel, Betäubung, Zittern, Schwanken, Zusammenstürzen und Konvulsionen. Die Sektion ergibt nur bei längerem Verlauf Entzündung des Magendarmkanals, Gehirnhyperämie und Gehirnoedem.[2]) Bei Kaninchen fand Schroff im Anfang der Vergiftung stark beschleunigte Respiration und Herzschlag, Gastroenteritis, später Pupillenerweiterung, Konvulsionen, Verlangsamung des Herzschlags und der Respiration, Tetanus und plötzliches Eintreten des Todes. Schroff will bei Kaninchen auch Magenerweichung und eine ungewöhnlich lange Fortdauer der Bewegungsfähigkeit des Herzens (2—3 Stunden nach Erlöschen von Gefühl und Bewegung) beobachtet haben.

---

[1]) Krahmer, Journ. f. Pharmacod. **2**, p. 586.

[2]) Fröhner, Eugen, Lehrbuch der Toxikologie der Haustiere. Zweite Aufl. (Stuttgart 1901.) S. 190.

Umfangreiche Versuche stellte Borchers[1]) an. Wässriges Taxusblätterextrakt wirkte auf Frösche und Kaninchen bei subkutaner Applikation von 1—10 ccm wenig toxisch und bedingte nur Verlangsamung der Atmung und etwas Schläfrigkeit. Nach Lewin ist das Wasserextrakt ganz ungiftig. Alkoholische Taxusblätterextrakt tötete subkutan zu 1—2 g Kaninchen in 1—1½ Stunden unter starkem Sinken der Puls- und Atemzahl und terminalen Krämpfen und Dyspnöe. Die Herzkontraktilität war bei sofortiger Sektion erhalten. Analog wirkte ätherisches Blätterextrakt zu 2,5—5 g auf Kaninchen und zu 5—10 g auf Katzen. Aetherisches und wässriges Samenextrakt erwies sich in den angeführten Dosen vom Magen aus unschädlich, dagegen töteten 2 ccm neutralisierten wässrigen Extrakts bei Infusion in die Iugularis in ¼ Stunde unter Streckkrämpfen und dyspnoetischen Inspirationen. Dieselbe Wirkung wie alkoholisches und ätherisches Blätterextrakt hatte aus Taxusfrüchten bereitetes Taxin. Auf die Reizbarkeit der peripheren Nerven und Muskeln schien Taxin ohne Einfluss. Dagegen schien es die Peristaltik anzuregen. Bei Infusion in das Venensystem gibt Borchers folgende tödliche Dosen an: Für Hunde 0,117 (in ¾ Stunde), Katzen 0,026 und Kaninchen 0,02. Bei Hunden erhöhten sich anfangs Herzaktion und Blutdruck, später wurden sie herabgesetzt, dieses auch bei durchschnittenen Vagi. Das bei Katzen konstante Erbrechen trat auch bei vorheriger Vagusdurchschneidung auf. Die örtliche Wirkung der Taxusblätter im Magen vergifteter Tiere ist nach Borchers vielleicht die Folge der in den Eibenblättern enthaltenen Ameisensäure.

Eingiessen des wässrigen wie des ätherischen Samenauszugs war übrigens beim Kaninchen ohne Wirkung.

Lowe[2]) will den Einfluss des Taxins öfters an sich selbst erprobt haben. Er erklärt es für ein von Digitalis und Convallaria sich vorteilhaft unterscheidendes, weitere Beachtung verdienendes Herzmittel.

Berthier[3]) experimentierte sowohl mit Auszügen aus Eibenblättern als mit reinem Taxin. Alle seine Versuche mit Ein-

---

[1]) Borchers, Bernhard, Experimentelle Untersuchungen über Wirkung und Vorkommen des Taxin. Diss. Göttingen. 1875.

[2]) Lowe, The Yews of Great Britain and Ireland. London 1897.

[3]) Berthier, Etude physiologique de l'if et de la taxine de Merck. Travaux du Laborat. de thérap. exp. de Genève **3**, 1896, p. 104, zugleich Inaug.-Dissert.

spritzungen an Fröschen, Ratten, Katzen, Mäusen und Meerschweinchen ergaben letalen Ausgang und zwar selbst dann, wenn der Alkohol als Vehikel beseitigt worden war. Auch das von E. Merck bezogene Taxin wirkte, aber nicht identisch mit dem von Marmé, denn es verursachte veratrinartige Muskelkontraktionen, die jenem abging.

v. Heijusbergen[1]) wies die Giftigkeit der Nadelauszüge der Eibe nach, konnte jedoch mit analog hergestellten Auszügen ungiftiger Pflanzen ebenfalls Tiere vergiften.

Was den Menschen anbelangt, so schildern die Lehrbücher die Verhältnisse folgendermassen. Für erwachsene Menschen sind todbringend Abkochungen von 50—100 g, für Kinder der Genuss eines Löffels voll Taxusblätter oder der übermässige Genuss der Beeren. Die ersten Symptome treten bei Menschen nach $1/4$—$1/2$ Stunde auf. Sie sind denen bei Tieren ähnlich. Erbrechen, Magenschmerzen, Schwindel, Gesichtsblässe, erschwerte Atmung und irreguläre Herztätigkeit. Der Tod tritt durch Erstickung unter Krämpfen ein (cf. Borchers, a. a. O.). Die Sektion ergibt Entzündung und Ekchymosenbildung im Magen und Darm. Manchmal finden sich noch Blätter- oder Beerenreste vor. Ausser dem ruhigen Gesichtsausdruck soll auch ein makulöses Exanthem auf der Haut, leichtes Ausfallen der Haare und bei Schwangeren Entzündung des Uterus vorkommen (Husemann). Ein besonderes Gegengift existiert nicht. Die Behandlung ist symptomatisch. Das Erbrechen ist zu unterstützen. Beim Rinde Pansenschnitt und manuelle Entleerung der Blätter.

Zu meinen Versuchen benutzte ich Taxin-Merck[1]) und zwar in verschiedenen Taxinlösungen. Das Präparat war aschefrei und farblos.

Lösung I enthielt im ccm 3 mg Taxin. Gesättigte Lösung in sehr verdünnter Kochsalzlösung.

Lösung II enthielt im ccm 10 mg Taxin. 1 % alkoholische Lösung.

Lösung III enthielt im ccm 3 mg Taxin. Salzsaure wässerige Lösung.

Lösung IV enthielt im ccm 1 g Droge. Wässeriger Extrakt aus Nadeln von *Taxus baccata.*

Taxin liess sich aus Lösung I fällen durch Kochsalzlösung,

---

[1]) v. Heijusbergen, Pharm. Werkbl. 44, 1907, p. 85.

Ammoniak, Natronlauge, Phosphormolybdänsäure, Phosphorwolframsäure, Quecksilberjodid-Jodkalium, Jodjodkalium. Die vier letztgenannten Reagentien bewirkten auch noch Fällung bei 10facher Wasserverdünnung. Ferner fand ich Taxin fällbar durch Esbachs Reagens, Goldchlorid und Ammoniumsulfat. Die Niederschläge erwiesen sich alle als amorph. Kristalle waren in keinem Falle zu erzielen. Auch nicht durch Verdunstenlassen von 3 Tropfen von Lösung II noch durch Zusatz von Aether oder Chloroform zu einem solchen Tropfen und Verdunstenlassen konnte Kristallisation erreicht werden. Konzentrierte Schwefelsäure zur Taxinlösung (Lösung I) hinzugegeben, erzeugt Rotfärbung, Kilianis Reagens gibt roten Ring, der nach unten mehr rot, nach oben mehr violett ist. Dieser Ring war bei Benutzung von 3 Tropfen, 2 Tropfen, ja selbst 1 Tropfen der Taxinlösung noch nach 2 Stunden vorhanden. Dieselbe Reaktion gelang auch mit Lösung der II. Taxinlösung entfärbt Kaliumpermanganat in saurer und neutraler Lösung. Macht man 1 ccm Taxinlösung (Lösung I) mit Natronlauge oder Ammoniak alkalisch und schüttelt mit Chloroform aus, so geht das Taxin in Chloroform über. Chloroformlösung mit konz. Schwefelsäure unterschichtet gibt violett-rotbraune Ringfärbung. Beim Umschütteln geht der violettrote Farbstoff in das Chloroform hinein. Diese Reaktion tritt auch noch auf bei 10fach verdünnter Taxinlösung (also 0,3 mg pro ccm) und ist in NH_3-Ausschüttlung nicht so deutlich als in Na OH-Ausschüttlung. Die Ausschüttlung mit Aether gab noch bessere Resultate: 1 ccm der Taxinlösung (I) und 1 Tropfen Natronlauge werden mit ca. 3—5 ccm Aether ausgeschüttelt. Die wässerige Taxinlösung wird mit konz. Schwefelsäure unterschichtet und zeigt violett-rotbraune Ringfärbung. Die ätherische Lösung mit konz. Schwefelsäure unterschichtet, ergibt Violettfärbung der Schwefelsäure, die im Spektrum anfangs 2 dunkle Streifen in gelbgrün, später nur noch einen zeigt; noch bei 3facher Verdünnung der Taxinlösung (1,0 mg pro ccm) vorhanden. Diese Reaktionen wurden auch mit anderen Taxinlösungen angestellt. Die Chloroformreaktion war stets positiv, mit Lösung II noch in einer Verdünnung, die 5 mg Taxin pro ccm enthielt. Bis zu derselben Verdünnung gelang auch die Aetherreaktion mit Lösung II. Dieselben Versuche mit Lösung IV ergaben: Chloroformausschüttlung: Braungelbfärbung der Schwefelsäure. Die Farbe geht beim Umschütteln auf Chloroform über, das hellrote Farbe

annimmt. Aetherausschüttlung: Rosarotfärbung der Schwefelsäure. Beim Umschütteln mit vermehrter Schwefelsäure nimmt der Aether eine leichtviolette Farbe an. Zerreibt man einige Körnchen Taxin-Merck im Schälchen mit Aether, giesst das Ganze in ein Reagensglas und gibt dazu einen Tropfen Schwefelsäure, so erhält man zuerst milchige Färbung des Ganzen, dann schöne Kirschrot-Färbung der Schwefelsäure. Setzt man mehr Schwefelsäure hinzu, so gibt das eine Verfärbung in eine unschöne braunrote Farbe. Nicht immer geht die Färbung in den Aether über. Nimmt aber der Aether die Farbe an, so zeigt er spektroskopisch rechts von der Frauenhoferschen Linie D einen Absorptionsstreifen. Derselbe Versuch mit Chloroform ausgeführt, ergab Rotbraunfärbung der Schwefelsäure. Nach Zusatz von mehr Schwefelsäure und Umschütteln nimmt das Chloroform eine violettrote Farbe an, die im Spektrum das ganze Grün verdunkelt. Setzt man zu 1 ccm von Lösung II 9 ccm Aqua dest. hinzu, so ergibt dies stets eine Trübung der ganzen Flüssigkeit, auch noch bei stärkerer Verdünnung. Verschiedentlich wurde versucht, eine Aufhellung herbeizuführen, so mit Salzsäure, Essigsäure, Salpetersäure, verdünnter Schwefelsäure, Boraxlösung, Glyzerin und Alkohol. Stets war das Resultat negativ.

Was die Giftigkeit des Taxins anbetrifft, so konnte ich zunächst feststellen, dass das Taxin kein typisches Fischgift ist, oder wenigstens nur ein ganz schwaches. Ein Aal und ein Weissfisch wurden in 5 Liter frischen Wassers gesetzt und dazu 10 ccm einer Taxinlösung getan, die 3 mg pro ccm Taxin enthielt. (Also 30 mg.) Eine schädliche Wirkung war nicht zu beobachten. 50 mg in derselben Flüssigkeit (1 : 100000) veranlassten den Tod des Weissfisches erst nach 24 Stunden. Der Aal starb erst nach Zusatz von 100 mg Taxin zu 5 Liter frischen Wassers (1 : 50000) binnen weniger Stunden. Ein anderer Aal starb nach 80 mg in 20, einer nach 60 mg in 23 Stunden. Dass grosse Dosen Fische töten, hat schon Dragendorff angegeben.

2 mittlere Temporarien (à ca. 33 g) erhielten subkutan je 1 ccm Taxinlösung = 3 mg Taxin. Auf Alkohol konnte diese Wirkung nicht bezogen werden, denn die Lösung war alkoholfrei. Nach 1 Stunde waren beide Frösche total gelähmt. Reizungserscheinungen traten nicht auf. Das freigelegte Herz stand in starker Diastole still und war nicht mehr mechanisch reizbar. 2 mittlere Temporarien starben nach 1,5 mg in 3 Stunden, nach-

dem sie 1 Stunde nach der Injektion total gelähmt waren. Darauf erhielten 2 mittlere Frösche je 1 mg subkutan injiziert. Der eine Frosch starb nach 2 Stunden. Herzaktion war durch die Bauchwand nicht mehr zu erkennen. Das freigelegte Herz war nicht mehr in Aktion, auch nicht mehr mechanisch erregbar. Das Rückenmark reagierte auf Reizung mit dem Induktionsstrom. Die Erregbarkeit des Herzens hört also vor der der Nerven auf. Bei dem andern Frosch war das Herz nach 2¼ Stunden mechanisch noch erregbar. Der Frosch erholte sich allmählich wieder und hatte so die Giftwirkung überstanden. Nach 0,75 mg Taxinlösung starb ein weiterer Frosch in 50 Minuten. Mittlere Frösche starben bei Verabreichung dieser Dosis in ca. 1 Stunde. Man kann 4 Stadien bei der Wirkung des Taxins auf Frösche unterscheiden:

I. Aufhören der willkürlichen Bewegungen.
II. Aufhören der Herztätigkeit.
III. Aufhören der mechanischen Erregbarkeit des Herzens.
IV. Aufhören der galvanischen Erregbarkeit des Rückenmarks.

Wässeriges Taxusblätterextrakt (Lösung IV) zeigte auch bei Applikation von 2 ccm (1 ccm = 1 g frische Droge) nur geringe Wirkung auf Frösche, ohne ihren Tod herbeizuführen.

Widerstandsfähiger als Frösche erwiesen sich Kröten von mittlerer Grösse. Diese (ca. 40 g) starben erst nach subkutaner Injektion von 2 mg Taxin innerhalb 6 Stunden. 1 Stunde nach der Injektion zeigten sich Unregelmässigkeit und Verlangsamung der Respiration. Nach weiteren 10 Minuten traten plötzliche, blitzartige Zuckungen durch den ganzen Körper auf mit Aufsperren des Mundes unter Schrei. (Pikrotoxin-Thujonschrei.) Nach 15 Minuten neuer Anfall von längerer Dauer. Dabei wurden die hinteren Extremitäten zur Seite gestemmt und der Körper vornüber gebeugt. Nach weiteren 10 Minuten dauernde Anfälle mit im Anfang des Anfalles geschlossenen Augen. Darauf unruhige Bewegungen (Wälzen auf den Rücken) und erneute Anfälle. Die Herzaktion war durch die Bauchdecken noch zu sehen. Darauf Freilegung des Herzens. Dieses schlug anfangs, liess bald nach, aber konnte mechanisch wieder zum Schlagen gebracht werden. Induktionsstrom am Rückenmark ergab noch Erregbarkeit desselben.

Nach subkutaner Einverleibung von 13 mg einer alkoholischen Taxinlösung, die pro ccm 10 mg Taxin enthielt, starb ein Meer-

schwein (ca. 300 g Gewicht) nach 3 Stunden unter Krämpfen, die sich in kurzen Intervallen wiederholten. Kein Erbrechen, kein Durchfall. Dieselben Mengen Alkohol waren wirkungslos. 12 mg derselben Lösung genügten nicht, um den Tod des Tieres herbeizuführen. Die Sektion ergab nichts Besonderes.

Kaninchen (Gewicht ca. 2000 g) bleiben nach subkutaner Darreichung von 15 mg Taxin am Leben; andere starben aber nach Verabreichung von 24 mg nach 2 Stunden. Also sind für 2 kg Kaninchen 15 mg zu wenig und 24 mg schienen zu viel. Nun suchte ich die für Kaninchen tödliche Giftmenge etwas genauer festzulegen. Ein Kaninchen (ca. 2000 g) erhielt subkutan am 16. Juni d. J. 20 mg einer alkoholischen Taxinlösung, die pro ccm 10 mg Taxin enthielt und an diesem Tage frisch bereitet worden war, mit Wasser verdünnt, injiziert subkutan. Vergiftungserscheinungen traten nicht ein. Ich stieg nun täglich und zwar am 18. Juni 1914 auf 22 mg, am 19. Juni auf 23 mg, am 20. Juni auf 24 mg, am 21. Juni auf 25 mg, am 22. Juni auf 28 mg, am 23. Juni auf 30 mg, am 24. Juni auf 40 mg, am 25. Juni auf 45 mg, ohne dass das Befinden des Tieres etwas zu wünschen gelassen hätte. Erst als es am 26. Juni 50 mg erhalten hatte, traten nach $1^1/_2$ Stunden periodisch Krämpfe ein, die jedoch nach 2 Stunden wieder schwanden und einer völligen Euphorie Platz machten. Am 27. Juni erhielt das Tier 55 mg. Es kam danach nur zu Atembeschleunigung, Schläfrigkeit und Taumeln, dann kehrte die Fresslust zurück. Ich spritzte daher am 29. Juni auf einmal gleich 60 mg unter die Haut. Nach einer halben Stunde trat Respirationsbeschleunigung ein; das Tier taumelte, fiel bei stossartigen Vorwärtsbewegungen auf die Seite und konnte sich nicht mehr aufrichten. Nach $1^1/_2$ Stunde Schwund aller Erscheinungen; eine vorgelegte Rübe wird gefressen. Am 2. Juli nach 65 mg dasselbe Bild, nur schwächer entwickelt. Völlige Erholung erfolgte, die auch nach Wochen noch fortdauerte. Im Harn vom 17. Juni bis 6. Juli reichlich Taxin. Dieser bemerkenswerte Versuch gibt uns den Schlüssel zu vielen namentlich an Pferden und Kühen gemachten Beobachtungen. Nach mehrmaligem Genusse mässiger Dosen von Eibennadeln wurden die Tiere gegen selbst sehr grosse Dosen unempfindlich. Die Landleute haben dies immer schon gewusst, wie in der Arbeit von Ehrenberg und v. Romberg angeführt wird, und wie auch hier in Mecklen-

burg namentlich den Forstbeamten bekannt ist. Unser Kaninchen erhielt mindestens die dreifache letale Dose und war kaum eine Stunde lang danach krank. Die Einwände von Ehrenberg und v. Romberg gegen die Einspritzungen unter die Haut sind z. T. hinfällig. Da das Eibengift das Nervensystem ergreift, muss es vom Magendarmkanal aus zur Resorption kommen. Diese Resorption wird nun ganz gewaltig unterstützt und beschleunigt, wenn man sachgemäss das Taxin unter die Haut einspritzt. Dass es hier nicht etwa erst lange liegen bleibt, beweist sein Auftreten in reichlichen Mengen schon im ersten Harn. Die 65 mg Taxin entsprechende Nadelmenge beträgt 130 g. Unser Versuch beweist auf alle Fälle, dass unser Kaninchen, welches noch nicht 2500 g wog, über 130 g Eibennadeln auf einmal nach vorherigem Hungern hätte fressen können, ohne zu sterben, wofern das Taxin das einzige in Betracht kommende Eibengift ist. Prof. Kobert gelang es nicht, aus Eibenzweigen unseres botanischen Gartens, die im Juni geschnitten wurden, auch nur eine Spur eines Glykosides darzustellen; die Menge dieses Giftes, d. h. des Taxikatins, ist also, wie ja auch allgemein angenommen wird, wenigstens im Sommer so gut wie Null.

Bei der Wichtigkeit des obigen Versuches hatte ich natürlich die Absicht, ihn zu wiederholen, was im August geschehen sollte. Da der Krieg mich an der Ausführung hinderte, hat Prof. Kobert diese übernommen. Bei einem Kaninchen von 2200 g wurde binnen 14 Tagen von 15 mg Taxin bis 100 mg gestiegen. Das Gift war dasselbe Mercksche tadellos reine, weisse, aschefreie Präparat, welches zu meinen eigenen Vergiftungsversuchen gedient hatte. Es wurde stets frisch abgewogen in Alkohol gelöst, dieser verdünnt und dann sofort die Einspritzung unter die Rückenhaut sachgemäss und quantitativ auf einmal vorgenommen. Die Erscheinungen waren dieselben, wie ich sie oben beschrieben habe, auffallenderweise aber auch nicht stärker. Eine Stunde nach der Einspritzung von 100 mg, also der fünffachen letalen Dose, war das Tier wieder ziemlich normal. Aus dem Harn der ersten sechs Stunden liess sich das Taxin direkt durch Esbachs Reagens oder Meyers Reagens reichlich ausfällen. Eiweiss war nicht oder nur spurweise daneben vorhanden. 2 Tage darauf erhielt das Tier 300 mg Taxin in 6 ccm 48 % Alkohol gelöst auf einmal unter die Haut des

Rückens. Es wurde sehr still, frass nicht, atmete rasch, bekam aber keine heftigen Krampfanfälle und erholte sich nach 6 Stunden. Es hatte also dieses Kaninchen die fünfzehnfache letale Dose überstanden.

Wenn Kaninchen sich so leicht immunisieren lassen, so schien es nicht undenkbar, dass auch an Meerschweinchen ähnliches eintritt. Wir haben p. 32 erfahren, dass 13 mg für ein mittleres Meerschweinchen von zirka 250 - 300 g vom subkutanen Gewebe aus letal wirken. Kobert stieg bei einem Tiere von 280 g binnen einer Woche von 10 mg auf 50 mg, die auf einmal unter die Haut eingespritzt wurden. Das Tier blieb am Leben. Zwei Tage später erhielt es 100 mg auf einmal und erkrankte nur leicht. Dieses Meerschweinchen hatte also fast die achtfache letale Dose überstanden. Der Satz, dass eine Gewöhnung an Taxin möglich ist, gilt also nicht nur für Kaninchen, sondern auch für Meerschweinchen.

Die letate Dose für Katzen wird zu 30—50 mg angegeben und zwar sterben sie, falls intravenös injiziert worden ist, binnen 15—20 Minuten, nach subkutaner Injektion aber erst binnen 1—3 Stunden. Prof. Kobert stieg bei einer Mittelkatze von 2500 g binnen 8 Tagen von 20 mg auf 200 mg Taxin. Nach der Injektion dieser 200 mg bekam das Tier binnen 10 Minuten Würgen, Dyspnöe und miaute mehrmals, als ob sie sich krank fühle; dann aber gingen alle Erscheinungen zurück. Im Harn trat Taxin, aber kein Eiweiss auf. Nach 3 Tagen erhielt die Katze 300 mg auf einmal und erkrankte weniger als das vorige Mal. Eine andere Katze, bei der von 200 mg binnen 3 Tagen sogleich auf 500 mg gestiegen wurde, erkrankte nach $^1/_2$ Stunde unter Würgen und Atemnot. Nach noch 30 Minuten kam es zu Zuckungen, die allmählich in Lähmung übergingen und nach 4 Stunden erfolgte der Tod. Die Sektion ergab keine anatomischen Veränderungen des Herzens, des Magendarmkanales usw. Die Injektionsstelle zeigte mässige Hyperämie; die Gesamtmenge des Giftes war resorbiert. Der Versuch an der ersten Katze zeigt, dass auch bei dieser Tierart ein Steigen weit über die letale Dose ohne Schaden vorgenommen werden kann, wenn man kleinere Dosen vorhergehen lässt.

Da Lowe die Behauptung aufgestellt hat, dass das Taxin im Sinne der Digitalis wirke, wurden noch einige Versuche an Fröschen gemacht. Bei Tieren mit freigelegtem Herzen trat niemals

die für Digitalissubstanzen so charakteristische Peristaltik und nie der eben so charakteristische frühzeitige systolische Stillstand ein. Ein Versuch mit Durchströmung des herausgeschnittenen Herzens am Williamsschen Apparate mit Ringerlösung, der nach und nach Taxin zugesetzt wurde, ergab ebenfalls gar keine dem Digitalin ähnliche Wirkung; im Gegenteil schien das Taxin bei der für einen Frosch letalen Dose noch ganz ohne Einwirkung auf das Herz zu sein. Unter solchen Umständen sahen wir von Blutdruckversuchen, die eigentlich geplant waren, ab.

VII. Ergebnisse.

Aus meinen literarischen Studien und meinen eigenen Versuchen lassen sich die folgenden, z. T. schon von Ehrenberg und v. Romberg ausgesprochenen Folgerungen ziehen.

1. Das Fleisch der reifen, roten, beerenähnlichen Früchte der Eibe ist ungiftig. Doch kann vielleicht gelegentlich bei ihrem Genuss die Zerkleinerung des in dem roten Fleisch befindlichen, eigentlichen taxinhaltigen Samens ungünstige Erscheinungen veranlassen, wenn auch Kinder hiervon durch den unangenehmen Geschmack dieser „Kerne“ zumeist zurückgehalten werden dürften. Unreife Früchte sind vielleicht giftiger als reife.
2. Von anderen Bestandteilen der Eibe kommen ernstlich wohl nur noch die Blätter, oder vielmehr Nadeln, und zwar die dunkelgrünen, in Frage.
    a) Ihre Aufnahme durch die Menschen dürfte bei deren unangenehmem Geschmack, und da sie längst obsolet sind, wohl niemals mehr um vermeintlicher Heilwirkungen willen in Frage kommen. Wohl aber gelten sie zurzeit in der Volksmedizin Mecklenburgs und anderer Länder leider noch als Abortivum und können Abgang des Kindes, ja sogar den Tod der Mutter herbeiführen.
    b) Für Fische dürften die in den Bach fallenden Nadeln wohl niemals Vergiftungen veranlassen.
    c) Für das Kaninchen, das Meerschweinchen und die Katze konnten wir feststellen, dass die von

uns und anderen gefundene subkutan letale Dose des Taxins bei vorsichtiger Steigerung ohne Schaden um das vielfache überschritten werden kann; diese Tiere werden also offenbar sehr leicht relativ immun. Man sieht nicht ein, warum dies nicht für alle Tierarten gelten sollte.

d) Unser einheimisches Wild dürfte gegen die in der Regel nicht übergrossen Mengen, die es allmählich im harten Winter aufnehmen wird, unempfindlich sein oder es wenigstens meist werden. Höchstens gehen ausgehungerte Hasen, die nie Taxus gefressen haben und im Winter einmal sich daran satt frassen, dabei zugrunde.

e) Unsere wiederkäuenden Haustiere werden von mässigen Gaben von Eibenlaub, seien diese nun auf der Weide oder im Stall aufgenommen, meist keine Nachteile davon tragen. Auch die Versuche von Ehrenberg und von Romberg sprechen gegen Schädigung der Hauswiederkäuer durch Eibennadeln, selbst in ziemlich grossen Gaben. Heisshunger oder absichtliche Fütterung einmaliger sehr grosser Mengen kann dagegen wohl zu Unglücksfällen führen. Meist wird auch in diesen Fällen wie beim Wild eine vorangegangene Gewöhnung der Tiere an Taxin und vielleicht an noch andere zu gewisser Jahreszeit in den Eibennadeln enthaltene, in stärkerer Konzentration giftige Stoffe Nachteile verhindern.

f) Pferde, und wohl auch andere Einhufer, nehmen unzweifelhaft dem Eibenlaub gegenüber eine Sonderstellung ein, denn sie sind von Haus aus gegen die darin enthaltenen Gifte ungemein viel empfindlicher als alle anderen Tiere. Zum Glück scheinen sie ebenfalls sich sehr leicht an Eibenkost zu gewöhnen. Die starken Widersprüche der Literatur zwischen den kleinen Dosen, die für einzelne Pferde tödlich wirkten, und den grossen, die von anderen ohne Schaden ertragen werden, erklären sich dadurch ungezwungen.

3. Das Taxin anbelangend, fasse ich meine chemischen Ergebnisse in folgende Sätze zusammen. Es lässt sich

aus wässerigen Lösungen sowie aus Harn, in den es unverändert übergeht, durch Aether nach Zusatz von kohlensaurem Natrium ausschütteln und durch die sehr intensive und charakteristische Farbenreaktion mit konzentrierter Schwefelsäure noch in Bruchteilen eines Milligrammes nachweisen. Die Lösungen des Taxins geben mit den üblichen Alkaloidfällungsmitteln voluminöse Niederschläge. Die Wirkung des Taxins besteht in einer motorischen Erregung des Zentralnervensystems, der später Lähmung folgt. Dieses Vergiftungsbild lässt sich an Kalt- und an Warmblütern hervorrufen. Anatomische makroskopische Veränderungen treten dabei nicht ein.

4. Den von Graf Fritz von Schwerin auf Wendisch-Wilmersdorf[1]) aufgestellten Satz, dass die Eibe zu den schädlichen Naturdenkmälern gehört, an deren Verschwinden der Gartenbau nicht viel verliert, vermag ich nicht zu unterschreiben. Gerade für Mecklenburg empfiehlt es sich die Eibe mit aller uns zu Gebote stehenden Kraft zu schützen, gleichzeitig aber auch von vorstehender Abhandlung allen Förstern, Gutsbesitzern, Gärtnern und Lehrern Kunde zu geben.

---

[1]) Mitteilungen der dendrologischen Gesellschaft, Jahrgång 1908.

Zweiter Teil.

Ueber einige Wirkungen der Gifte der Zaunrübe.

I. Ueber die Verwendung in früherer Zeit.

Die Zaunrübe (Bryonia) gehört zur Familie der Cucurbitaceen. Sie ist eine ausdauernde Pflanze. Ihre Stengel klettern rankenförmig, und die Früchte sind saftige Beeren. Wie populär diese Arzneipflanze in Deutschland seit Alters gewesen ist, dafür führe ich als Beweis an, dass Pritzel und Jessen[1]) für sie nicht weniger als ca. 70 deutsche Namen kennen, so: Zaunrübe, Heckenrübe, Faulrübe, Gichtrübe, Hundekürbis, Hundsrebs, Rosswurzel, Sauwurz, Scheissrübe, Schiesswurz, Spanische Rübe, Teufelskirsche, Tollrübe, Trostrübe, wilde Weinranke usw. Diese Namen beziehen sich hauptsächlich auf *Bryonia alba L.* und *Bryonia dioica L.* Beide sollen dieselbe Wirkung haben und werden im Handel nicht unterschieden.[2]) Im klassischen Altertum waren zwei Spezies bekannt, *Bryonia cretica L.*, die noch häufig in Griechenland vorkommt, und *Bryonia alba L.*, die dort jetzt selten ist. In Italien wächst ausserdem noch die *Bryonia dioica L.* Nicht ohne Interesse ist, dass ganz unbeeinflusst von europäischen Anschauungen die *Bryonia africana Thunberg* am Kap der guten Hoffnung seit Alters in Form eines weinigen Auszuges als Brechmittel und Abführmittel verwendet wird. Die Wurzel der *Bryonia epigaea Rottl.* spielt in Indien seit uralter Zeit eine grosse Rolle gegen Eingeweidewürmer, Rheumatismus usw. In Deutschland findet man häufig die *Bryonia alba* und *Bryonia dioica*.

Die Hippokratiker nannten sie μόδος, ἐχέτρωσις, ψιλώθριον, ἄμπελος ἀγρία. Dioskurides (IV, 180) schreibt zuerst βρυωνία neben ἄμπελος λευκή, ὀφιοστάφυλος, χελιδόνιον, μήλωθρον, κέδρωστις und führt

---

[1]) Pritzel und Jessen, Die deutschen Volksnamen der Pflanzen. Hannover 1882, p. 69.

[2]) A. Mankowsky, Ueber *Bryonia alba,* in Historische Studien aus d. pharmak. Institute d. Univers. Dorpat, herausgegeben von Rud. Kobert, 1890, II, p. 143—180.

dann einige hippokratische Namen für *Bryonia dioica* und ἄμπελος μέλαινα, χειρώνειος ἄμπελος auch βρυωνία μέλαινα für *Bryonia nigra* an. Nikander in seinen Theriaka nennt sie βρυώνη und βρυωνίς. In der römischen Literatur wird die Zaunrübe zuerst von M. Portius Cato unter dem Namen *vitis alba* genannt. Columella nennt bereits zwei Ausdrücke, *vitis alba* und *bryonia*, einen Namen, den er zu *bryonias* verunstaltet. Dodoëns[1]) sagt in seiner Geschichte der Abführmittel über *Bryonia alba* et *nigra*: „Graecis ἄμπελος λευκή id est vitis alba .... Dicitur et βρυωνία λευκή, ὀφιοστάφυλον, χελιδόνιον, μήλωθρον, ψίλωθρον, ἀρχέζωστις, ἄγρωστις ἢ κέδρωστις; a Plinio etiam Madon, ab Arabibus Alphesera, a Matthaeo Sylvatico Viticella, in Thesauro pauperum Rorastrum. Apulejus Apiastellum, Uvam Taminiam, Agrifolium et Dentarium appellat; Germani Strichwurtz, hundskurbs; hundsreben, teuffels Kissen; nostri vulgarem appellationem sequentes Bryonie; Galli Couleuree; Italis Zucca saluatica; Hispanis Nueza blanca et Norca blanca. Altera Graecis ἄμπελος μέλαινα ἢ βρυωνία μέλαινα; Latinis Vitis nigra, a nonnullis χειρώνιος ἄμπελος, βουκράνιον usw.

Schon zur Zeit der Hippokratiker wurde der Zaunrübe grosse Heilkraft zugeschrieben. Sie wurde sowohl bei äusseren als bei inneren Krankheiten verordnet, so bei Starrkrampf, mit Mehl und Oel bei Mastdarmvorfall. Bei Gebärmutterleiden wurde sie innerlich gegeben und auch äusserlich zu Pessarien gebraucht. Theophrast (III, 18) hebt die arzneiliche Wirksamkeit der Zaunrübe hervor und Dioskurides[2]) empfiehlt sie zur Anwendung bei Abscessen, fauligen Geschwüren, Panaritien, Sugillationen, Scabies und Lepra und die Wurzel als Kosmetikum bei Sommerflecken, Lentigo und schwarzen Narben. Innerlich verordnet er die Wurzel bei Milzkrankheiten, Schwindel, Epilepsie und Apoplexie, ferner bei Konvulsionen, Asthma und Seitenstichen; auch um den Gebärakt zu erleichten oder die Urinabsonderung zu vermehren. Weiter gibt er die Pflanze als Purgans, mit Meerwasser gemengt. Asclepiades und Eugerasias[3]) empfehlen die Wurzel sehr gegen Wassersucht und Asthma. Die Römer benutzten die Pflanze, die schon damals in Italien häufig vorkam,

---

[1]) Purgantium aliarumque eo facientium tum et radicum Convolvulorum ac deleteriarum herbarum historiae libri quatuor Remberto Dodonaeo auctore. Antverpiae 1574, p. 229.

[2]) De materia medica lib. IV, cap. 184—185, ed. Sprengel.

[3]) F. L. Strumpf, System. Handbuch der Arzneimittellehre Bd. II, p. 207.

oft zu Heilzwecken. So empfiehlt Cato[1]) die Radix Bryoniae als wirksames Laxans für Tiere. Die Zaunrübe soll sogar vor dem Blitzschlage schützen, wie Columella[2]) hervorhebt. Er sagt:

„Utque Jovis magni prohiberet fulmina Tarchon, Saepe suas sedes praecinxit vitibus albis.“ Bald heisst sie bei ihm *bryanias* (X, 250), bald *vitis alba* (IV, 4; X, 347; XII, 7). Gegen Wassersucht und Husten wird die Zaunrübe von Scribonius Largus[3]) empfohlen. Auch Celsus erwähnt sie als Heilmittel. Plinius[4]) sagt, die Pflanze errege Geschwüre am Körper, doch werde sie auf fressende Geschwüre, Krebs und übelriechende Wunden gelegt. Mit Zusatz von Weizen werde daraus ein Trank bereitet, der die Milchsekretion befördere. Die Wurzel sei gegen Schlangenbiss nützlich; in Oel gekocht und auf die Haut gebracht bringe sie Male, Sommersprossen, blaue Flecke und Narben zum Schwunde. Bei Epilepsie, Schwindel und Geisteskrankheiten solle die Wurzel ein Jahr hindurch gebraucht werden. Sie besitze ferner die Eigenschaft, zertrümmerte Knochen herauszubefördern und solle daher weisse Zaunrübe genannt werden (?). Mit Honig und Weihrauch befördere sie die monatlichen Reinigungen und die Harnentleerung und ziehe mit Wein aufgelegt die Nachgeburt (der Frauen) und Schleim hervor. Der Saft der Wurzel, vor ihrer Reife gesammelt und auf die Haut gebracht, mache sie zarter und vertreibe die Runzeln, wenn man gleich nach der Einreibung zwei Stadien weit gehe. Nach Galen soll Bryonia gegen Krätze, Milztumor, Pest und als Diuretikum angewendet werden. Während Oribasius sie äusserlich neben Absinth gegen Darmwürmer empfiehlt, wendet Caelius Aurelianus sie innerlich gegen Gelbsucht an. So stand bei Griechen wie bei Römern die Zaunrübe wegen ihrer Heilkraft in hohem Ansehen.

Nicht minder war die Pflanze im Mittelalter ein sehr beliebtes Arzneimittel. Nach Paulus von Aegina soll sie verschiedene Krankheiten heilen, nach Aëtius von Amida Hautausschläge heilen. Nach Mesue ist sie ein Universalmittel; sie dient ihm als Phlegmagogum bei Entzündungen und Abzessen, als Laxans und Diuretikum, als Expektorans, Emmenagogum und Abortivum,

[1]) De re rustica cap. 70.

[2]) De cultu hort. X, 346 (Lipsiae 1794, script. rei rust. ed. J. G. Schneider, T. II).

[3]) Compositiones p. 135 und 165. Ed. Helmreich, Leipzig 1887.

[4]) Naturgeschichte der Gewächse, übers. von Wittstein, Bd. IV, lib. 23, p. 16.

als Gegengift gegen den Biss giftiger Tiere, als Kosmetikum bei Gesichtsausschlägen und Skrophulose. Ausführlich behandelt Ibn el Baithar[1]) die *Bryonia alba* und *dioica*. Ibn Sina[2]) empfiehlt die *Bryonia dioica* besonders gegen Gicht. Arnaldus de Villa-nova bezeichnet die Zaunrübe als „coeleste sigillum" wegen ihrer raschen und sicheren Wirkung bei Gicht und rheumatischen Gelenkschmerzen. Auch in Deutschland war die Zaunrübe im Mittelalter sehr bekannt. Wie die Mistel und die Alraunwurzel wurde nach Haeser[3]) die als Zaubermittel berühmte Wurzel der Zaunrebe *(Bryonia alba)* zur Anfertigung von Alraunen benutzt, d. h. zu Figuren, die als Schutzgötter des Hauses verehrt wurden. Die Hildegardis[4]) sagt von der Zaunrübe: „Bryonia calida est et inutilis ad usum hominis, velut herba in qua nulla utilitas est, et calor eius periculosus est, ubi in loco venenum paratur." Besonders im 16. Jahrhundert wurde die Bryonia sehr populär als Heil- und Zaubermittel. Nach Adam Lonicer[5]) soll die Droge, gepulvert eingenommen, beim Menschen, Schlangen und Kröten, die ihn lange quälten, vertreiben. Nach J. Michaël[6]) soll D. Clauder[7]) mit Zaunrübensaft „viele grüne Kröten" aus dem Menschen entfernt haben. Die Zaunrübe wurde in dieser Zeit besonders gegen Gicht (Gichtrübe) und rheumatische Gelenkschmerzen vom Volke gebraucht. Ja, die Leipziger medizinische Fakultät erklärte, dass die Zaunrübe, äusserlich gebraucht und in die Erde vergraben, die Gicht auf eine magnetische Art heile.[8]) Der schon genannte D. Clauder hielt die Zaunrübe für das beste Universalmittel, welches damals existierte, wie sich dies auch im Titel seiner Schrift ausspricht. Sehr oft angewandt wurde die Zaunrübe z. B. bei der Behandlung von Epilepsie und anderen Nervenkrankheiten, weiter bei Wassersucht[9]) und Obstipation.

[1]) Uebersetzung von Southeimer, Stuttgart 1842, Bd. II, p. 242.

[2]) Uebersetzung von Southeimer, 1845, Freiburg, p. 265.

[3]) Lehrbuch der Geschichte der Medizin I, 1875, p. 606.

[4]) De libris physicis Hildegardis commentatio auct. F. A. Reuss, Wirceburgi 1835, p. 24 sub. Nr. 88.

[5]) Kräuter-Buch II, p. 267, p. 439.

[6]) Schröders Pharm. p. 625; Vollständ. Universallexikon, Halle-Leipzig, Bd. 4, p. 1702.

[7]) P. G. Clauder, Bryonia egregium exhibet regno suo vegetabili ornamentum. Misc. acad. natur. cur. 2, 1686, p. 376.

[8]) Amman, Med. Crit., zitiert nach Universallexikon.

[9]) Richard Lower, Arzneibuch p. 223.
Croll, de Signis internar. rer. p. 33.
H. Saxon, Praelect.
} Zitiert nach Universallexikon.

Sydenham gebrauchte sie bei Melancholie und Manie.[1]) Als Pflaster gebraucht sollte sie Carcinoma und Struma zum Schwunde bringen, Splitter herausziehen und die Heilung der verschiedenartigsten Geschwüre befördern.[2]) Auch diente die Zaunrübe als Anthelminthicum. Sie befördere aber nicht etwa nur Darmwürmer, sondern nach Angabe unseres Rostocker berühmten Professors Simon Paulus[3]) auch alle sonstigen im Körper angesammelten schädlichen Stoffe, wie Galle, Eiter und Materie aus diesem heraus. Weiter wurden Frauenkrankheiten mit *Faecula Bryoniae* (Mehlsatz des frischen, ausgepressten Saftes) behandelt, endlich auch Haut- und Brustkrankheiten. J. Gmelin[4]) hebt die Wirkung der Zaunrübe bei Wassersucht, Hautkrankheiten und fallender Sucht, J. Lieutaud[5]), bei Obstipation, Hautkrankheiten und Geschwülsten hervor. Lieutaud rechnet sie zu den Purgantien, die auch Diurese hervorrufen. So hatte sich die Anwendung der Zaunrübe allmählich auf wenige Krankheiten beschränkt. Durch die Arbeiten von Armand de Montgarny[6]) und Trautmann[7]) wurde die Radix Bryoniae wieder mehr bekannt. Ersterer bemühte sich, die Zaunrübe wieder in die ärztliche Praxis einzuführen. Er wollte mit diesem einheimischen Gewächs die Ipekakuanha vollständig verdrängen und nannte es auch „europäische Ipekakuanha". Dysenterie, Magenkrankheiten und Würmerkoliken behandelte er mit diesem Mittel. Auch brauchte er die Zaunrübe als Emeticum[8]), da er sie für den Magen sehr zuträglich fand. Vor anderen Brechmitteln gab er ihr den Vorzug, da sie zugleich Stuhlgang bewirke. Als Emeticum (1,0—2,0) lobt die Zaunrübe auch Cazin[9]) sehr, be-

---

[1]) W. Sachs und Dulk, Handwörterbuch der prakt. Arzneimittellehre 1830, p. 627.

[2]) Peter Bayrus, Practica II, p. 16; cf. Universallexikon.

[3]) Simon Pauli, Quadripartitum botanicum 1667, p. 33.

[4]) J. Gmelin, Allgemeine Geschichte der Pflanzengifte 1777, p. 316.

[5]) Lieutaud, Précis de la matière médicale, T. II, 1781, p. 215.

[6]) Armand de Montgarny, f. Nouveau traitement des maladies dysentériques à l'usage du peuple indigent., Verdun 1783.

[7]) Trautmann, De radice Bryoniae ejusque in Hermicrania usu. Dissert. Lipsiae 1826.

[8]) Journal de médic. militaire T. **8**; cf. Dictionnaire encyclopédique des sciences médic. par Dechambre. T. **9**, p. 228.

[9]) Cazin, Traité pratique et raisonné des Plantes méd. indigénes, 1850, p. 61.

sonders bei schwachen Personen, als Expectorans bei chronischem Brustleiden, als Diureticum und Drasticum bei Hydropsien; äusserlich (die zerquetschte frische Wurzel) in Form von Kataplasmen bei Gelenkwassersucht und torpiden Drüsengeschwülsten. Ein ausgezeichnetes Abführmittel ist die Zaunrübe nach Barbier d'Amiens. Ihre emetische Wirkung hält er für unsicher. Ihre purgierende Wirkung rühmt Loiseleur Deslongchamps und sagt, dies Mittel könne selbst da noch einen Stuhl hervorrufen, wo das drastische Gummi Gutti völlig versagt habe.

Aus lokalem Interesse sei es mir erlaubt, etwas genauer auf eine Rostocker Dissertation einzugehen. Der Verfasser Lieb[1]) geht von den grossen Widersprüchen aus, die sich zu seiner Zeit über die Bryonia in der herrschenden Literatur fanden. Der Rostocker Professor Simon Paulus z. B. sagt in seinem so hoch angesehenen Quadripartitum Botanicum: Recentiores Practici tamquam specifico in uteri morbis omnis generis radicibus Bryoniae utuntur. Ganz im Gegensatz dazu sagt Caspar Neumann in seiner Chymia medica dogmatico-experimentalis, Tom. II, pars prima, in caput de Bryonia § XI, p. 255: „Wie sich denn heute zutage wenige oder keine vorsichtige Medici practici weder der Wurzel in Substania noch ihrer Praeparatorum sonderlich bedienen, sondern lieber weit sichere Medicamenta erwählen werden.“ Und an einer anderen Stelle sagt er, dass zur Beförderung der Menses und des Hämorrhoidalflusses ausser Brauch gekommen sind Aloe, Radix Rhei, Bryonia usw. Weiter benennt Georgius Francius de Franckenau die Bryonia in seiner Flora Francica rediviva edit. III, p. 94 ausser mit anderen Namen auch „Scheisswurtz“ und Caspar Neumann führt denselben Namen an. Er fährt dann fort: „Nun mag ich aber über diese so mancherlei und gewiss z. T. sehr differenten Namens nicht erst kritisieren, zumal da es schwer halten würde, solche füglich zusammen zu reimen. Zum Exempel, wie reimt sich das, dass man eine heilige Rübe, eine römische Rübe, auch eine faule, eine wilde Rübe und auch Sauwurtzel nennt? Ja, dass man etwas Heiliges Römisches eine Scheisssache und

[1]) De Bryonia, von der Heiligen Rübe, Dissertatio botanico-medica inauguralis, quam sub praesidio Dom. Gustavi Christiani Handtwigii submittit Joh. Wilhelm Frieder. Lieb, Byrutha-Francus med. cand. Rostockii Litteris Adlerianis. Die 17. Oktober MDCCLVIII.

eine Teufelssache, nämlich Scheisswurtzel und Teufelskirschen heisset?" „Lieb hat für seine Schrift ihr die Bezeichnung Heilige Rübe gegeben, wie sie denn nach Neumann „von gar vielen Bauren mit Fleiss an ihre Höfe, Häuser, Scheunen und Gärten, an den Zäunen und Wänden herum gepflanzet oder geheget und gepfleget wird, indem sie glauben, dass die Bryonia alles vor Donner und Blitz beschütze, so dass das Wetter in einen solchen District nicht einschlagen und Schaden verursachen könne, welcher mit der heiligen Rübe umwachsen ist."

Lieb zählt aus der Literatur 4 verschiedene uneigentliche Anwendungen auf 1. die oben erwähnte Plantatio antifulminea, 2. die in Mecklenburg noch jetzt[1]) nicht ausgestorbene Figuratio in homunculum, d. h. das Schnitzen von Alraunmännchen aus der Bryonia, 3. die Gestatio ob vim amuleticam contra omnia maleficia, die auf Apulejus zurückgeht, die Transplantatio in corporis partem arthritide afflictam, die noch heute z. B. in Elsass-Lothringen üblich ist. In § 26 bespricht er den usus Bryoniae diaeteticus sive culinaris. Die jungen Sprossen (turiones) werden wie Spargel gegessen, weniger ihres Nährgehaltes wegen als quia alvum ciere simul et urinam quoque experti comperiebant. Rolfink z. B. lobt diesen kulinarischen Gebrauch.

Nun erst geht Lieb auf den medizinischen Gebrauch der Wurzel im engeren Sinne über. Sie wurde damals angewandt in Form folgender galenischer Präparate: Als Succus, als Pulvis, als Infus, als Extrakt, als Aqua simplex et composita, als Sirupus Bryoniae, endlich in Form der Trochisci Bryoniae und als Faecula Bryoniae. Dazu kamen dann noch eine Reihe zusammengesetzter Präparate, wie z. B. der Oxymel scilliticus compositus. Semen Bryoniae war nach Mathurin Seville ein wichtiger Bestandteil des Theriak. In Frankreich wurden auch die Baccae Bryoniae arzneilich benutzt. Bei dieser Gelegenheit erlaube ich mir einzuschalten, dass in Indien nach Ainslie[2]) die Samen der Bryonia callosa Rottl. allgemein als Wurmmittel in Gebrauch sind. Bei dem Trocknen der Wurzel unserer Bryonien muss man sich nach Lieb sehr in Acht nehmen vor den dabei entweichenden Dünsten. Diese könnten den Geist verwirren und den Verstand

[1]) Nach gütiger Auskunft von Archivar Krause in Rostock.

[2]) Ainslie, Materia medica indica Tome 2, S. 428.

benehmen, wie ja auch schon Dioskurides sage: mentem interdum subturbat. Der deutsche Name Raasswurtzel bedeute, sie mache Raserei. Die getrocknete Wurzel enthalte von diesem Stoff nur noch wenig. Ueber die chemischen Bestandteile erfahren wir durch Lieb folgendes: Der frische Preßsaft reagiert sauer und treibt aus kohlensauren Salzen Kohlensäure aus. Beim längeren Stehen lässt der filtrierte Saft einen Bodensatz (faeculae) fallen, der wirksam ist. Im Preßsaft befindet sich ein gummiartiger Stoff. Ein harzartiger Stoff der Wurzel lasse sich nur mit alkoholischen Lösungsmitteln ausziehen. Die getrocknete Wurzel besitzt nicht mehr die volle Wirkung. Als sehr rationell für den inneren Gebrauch wird ein weiniges Dekokt der frischen Wurzel bezeichnet. Richtig verarbeitet und richtig angewandt ist die Bryonia nach Lieb innerlich und äusserlich ein nützliches Mittel.

Trotz Liebs Ehrenrettung wurde unsere Droge, wohl, weil sie beim Trocknen fast wertlos wird, doch mehr und mehr zurückgedrängt und trotz neuer Empfehlung durch Tissot aus allen Pharmakopöen gestrichen. Aus der Volksmedizin liess sie sich aber nicht so leicht ausmerzen; hier spielt sie leider bis heute eine Rolle.

Nach J. Clarus[1]) pflegt das Volk in einigen Gegenden Deutschlands die Wurzel auszuhöhlen, Bier hineinzugiessen und dies nach 1—2 Tage langem Stehen als kräftiges Purgans zu trinken. In Frankreich ist die Zaunrübe nicht nur als Purgans, sondern auch zur Verminderung der Milchsekretion und zur Verhütung des sogenannten Milchfiebers beim Volke noch in Verwendung. A. Ritter von Perger[2]) berichtet über die Zaunrübe folgendes: „Die zu den Giftpflanzen gehörige Zaunrübe *(Bryonia dioica)* wird vom Landmann trotz ihrer heftigen Wirkung zur Reinigung des Unterleibes benutzt. Aus derselben Ursache wurde sie auch gegen Liebestränke angewendet; dagegen sollte sie, in den Schuhen getragen, Zuneigung erwecken. So legen an mehreren Orten die Mädchen, wenn sie zu Tanze gehen, einige Scheiben der Wurzel in die Schuhe und sagen dazu: „Körfchenswurzel in meinen Schuh; ihr Junggesellen lauft mir zu.“ Körfchenswurz ist der plattdeutsche Name der Wurzel, die auch gegen Gewitter im Hause aufgehängt und, damit sich keine Hexe heranwage, am

[1]) Schmidts Jahrbücher, Bd. **104**, 1859, p. 50.

[2]) Ritter von Perger, Deutsche Pflanzensagen, p. 180.

Halse getragen wird. Man schnitt sie auch den Kühen ins Futter, damit sie nicht verschrien würden und keine blaue Milch gäben. Mittelst der Zaunrübe wurde auch die Gicht geheilt und zwar durch Ueberpflanzung, indem man dem Kranken Blut abliess und dieses in einer ausgehöhlten Zaunrübe an einem sehr versteckten Orte vergrub. Endlich benutzte man die Zaunrübe auch, um Alräunchen daraus zu schnitzen, welche den Leuten als echte Mandragora verkauft wurden."

II. Ueber die Verwendung in der Homöopathie.

Die Homöopathen[1]) sprechen der Zaunrübe, wie die Volksmedizin bis heute, wichtige Wirkungen auf den Organismus zu: Sie rufe ein Gefühl der Zerschlagenheit hervor, auch bewirke sie Hautausschläge, ferner ein Gefühl von Mattigkeit und Schläfrigkeit. Sie rufe einen Zustand von Somnambulismus[2]) mit unwillkürlichem Stuhlgang des Nachts hervor. Die Zaunrübe veranlasse ferner Fieber mit Frostanfällen, schädige die geistige Tätigkeit, das Gedächtnis, das Gehör; auch die Verdauungsorgane: es entständen Appetitmangel oder Heisshunger, Uebelkeit, Erbrechen, zunächst Verstopfung, dann Durchfall. Die Zaunrübe befördere die Menses, rufe Schnupfen, Heiserkeit, Husten, Kurzatmigkeit und Seitenstiche hervor. Auch verursache sie Pneumonie und Diphtherie.[3]) Therapeutisch verwenden die Homöopathen die Zaunrübe bei verschiedenen chronischen Krankheiten, als Uebergangsmittel von einer Kur zur anderen[4]), bei Delirien, Schlaflosigkeit, Wechselfieber und Peritonitis puerperalis.[5]) Hahnemann verglich sie mit Opium und Nux vomica wegen ihrer Wirkung bei Magen- und Darmkrankheiten.

III. Ueber die durch Bryonia verursachten Vergiftungsfälle.

In der Literatur sind einige Vergiftungsfälle durch den Genuss von Bryonia bekannt. Schon der in Frankreich für die

---

[1]) E. F. Rückert, Kurze Uebersicht der Wirkung homöopath. Arzneien, Bd. **2**, 1834, p. 158; Lutze, Lehrbuch der Homöopathie, 11. Aufl., 1887, p. 19.

[2]) Archiv für Homöopathie, Bd. **8**, 1, p. 105.

[3]) L'Art médical; cf. Dictionnaire encyclopéd. a. a. O.

[4]) Hahnemann, Chronische Krankheiten Bd. **1**, p. 220.

[5]) Allgemeine homöopath. Ztg., Bd. 3, p. 91.

Zaunrübe volkstümliche Name „Navet du Diable“ weist darauf hin, dass die Verwendung dieses Mittels gar nicht ganz harmlos war. Galtier[1]) berichtet über einen Fall, wo eine Frau 4 Stunden nachdem sie ein Lavement aus 30 g rad. Bryoniae zwecks Verminderung der Milchsekretion bekommen hatte, plötzlich starb. Auch infolge Verwechslung mit anderen Rübenarten kam es zu Vergiftungen durch die Zaunrübe.[2]) Orfila[3]) wurde zu einer Wöchnerin gerufen, deren Kind gestorben war. Der Dorfchirurg hatte ihr zur Unterdrückung der Milchabsonderung einen Tee aus etwa 1 Unze Zaunrübenwurzel und 2 Pfund Wasser und ein Klystier aus einer konzentrierten Abkochung dieser Wurzel verordnet. Bei der Ankunft Orfilas, 4 Stunden nach dem Gebrauche des Mittels, lebte die Frau nicht mehr. Die Sektion wurde nicht gestattet.

Pyl beobachtete folgenden Fall.[4]) Ein Mann hatte 2 Gläser des Wurzelaufgusses gegen Wechselfieber getrunken. Alsbald wurde er von heftigem Leibschneiden und Purgieren befallen. Nichts half dagegen, und der Mann starb bald.

Nach Pritchard[5]) erregten in einem Fall die Beeren von Bryonia Tetanus, der sich aber durch Opium beseitigen liess.

Vergiftung von Kindern durch die schwarzen Beeren der *Bryonia alba* beschrieb Goate[6]) und solche durch die roten Beeren der *Bryonia dioica* Mason[7]). Hockauf[8]) erwähnt eine Verwechslung von Bryonia- und Enzianwurzel bei der Herstellung von Enzianschnaps.

Natürlich sind auch gelegentlich Vergiftungen von Haustieren durch Bryonia vorgekommen, bei denen es meist zu hämorrhagischer Magendarmentzündung kam, die ich aber nicht

---

[1]) Dictionnaire encyclopédique a. a. O.

[2]) Dulong, Journal de Pharmazie, T. **12**, p. 171; Schwertfeger, Jahrb. f. prakt. Pharmazie, Bd. **7**, 1843, p. 299; F. Pritchard, British Med. Journ. 1858; Gaz. hebdom. 1897, Nr. 43.

[3]) Lehrbuch der Toxikologie 1853, Bd. **2**, p. 86; cf. Gaz. de santé 1816, 11. Sept.

[4]) Neues Magazin I, 3. St., p. 557; cf. R. Christison, Abhandlung über die Gifte. Weimar 1831, p. 621.

[5]) a. a. O.

[6]) Goate, A case of poisoning by the berries of the white Bryony. Lancet 1868, vol. I, p. 610.

[7]) Mason, Poisoning by Bryonia dioica. Brit. med. Journ. 1883, vol. II, p. 1067.

[8]) Hockauf, Wiener klinische Wochenschrift, Jg **17**, 1904, p. 870.

einzeln anführen will. Ganz anders waren die von Anger[1]) bei 7 Pferden beobachteten Erscheinungen; sie bestanden in Steifheit und Lähmung.

In dem Dispensatory of the United States[2]) stehen noch zwei mir aber nicht zugängige Zitate für Bryoniavergiftung: Pharmaz. Journal and Transact 1858, p. 542; Therap. Gaz. II, p. 35. Nach Cornevin[3]) ist das klinische Bild der Vergiftung so: der Patient bezw. das Tier bekommt tetanusartige Konvulsionen. Der Puls wird klein, unregelmässig, die Temperatur sinkt. Stuhl angehalten; Bauchdecken eingezogen. Es folgt Stupor. Endlich Tod unter den Erscheinungen der Cholera sicca. Die Sektion ergibt nur einige Ekchymosen auf der Darmschleimhaut.

IV. Ueber die chemischen Bestandteile der Bryonia.

Der erste, welcher die Zaunrübe chemisch näher untersuchte, war Vauquelin.[4]) Er fand einen Stoff, den er Bryonin nannte, und der das wirksame Prinzip der Radix Bryoniae darstellen sollte. Die mit Wasser angerührte frische Wurzel presste er aus, filtrierte den Presssaft, dampfte das Filtrat ein und zog die erhaltene Masse mit Weingeist aus. Nach Abdampfung des Auszuges bekam er eine bittere Substanz, die er als Bryonin bezeichnete. Fremy[5]) stellte diesen Stoff dar, indem er den ausgepressten Saft der Radix Bryoniae mit etwas flüchtigem Alkali zur Fällung des phosphorsauren und apfelsauren Calciums versetzte, abfiltrierte und das Filtrat bis zur Trockne eindampfte. Die so gewonnene Masse stellte Rudimente von Kristallen dar, war in Wasser leicht löslich, schmeckte bitter und sollte die charakterischen Eigenschaften der Zaunrübe besitzen. Unabhängig von Fremy isolierte Dulong[6]) aus Radix Bryoniae den wirksamen Stoff. Er fand ausser dem Stoff, den er für das wirksame Prinzip hielt, reichliche Mengen von Amylum, geringe Quantitäten von Harz, fettes Oel, Gummi,

---

[1]) Anger, Veterinary Record 1899.

[2]) XVI. Edition. Philadelphia 1889, p. 308.

[3]) Ch. Cornevin, Des Plantes vénénenses et des empoisonnements qu'elles déterminent. Paris 1887, p. 360; Fonssagrives, dictionnaire encyclopédique des sciences médicales, T. **11**, Paris 1870, p. 228.

[4]) Annales du Museum nat. T. **8**, 1806, p. 84.

[5]) Journal de chimie médicale T. **1**, 1825, p. 345.

[6]) Journal de Pharmacie, T. **13**, 1826, p. 154—172.

apfelsauren Kalk, Calciumkarbonat, freie Aepfelsäure und Albumin. Mouchon[1]) stellte das Bryonin auf andere Weise dar, die ich hier nicht genauer anführen will. In Deutschland untersuchten zuerst Brandes und Firnhaber[2]), dann Schwertfeger[3]) und Walz die Zaunrübe. Dieser nahm eine genaue chemische Analyse vor, um den wirksamen Stoff rein darzustellen. Die Angaben der verschiedenen Forscher gingen aber auseinander. Während nach Vauquelin und Schwertfeger das Bryonin mit Gallustinktur keine Fällung gibt, entsteht nach Brandes und Firnhaber und Dulong beim Versetzen der Bryoninlösung mit Gallustinktur ein reichlicher Niederschlag. Das veranlasste Walz[4]), die Zaunrübe wiederum chemisch zu untersuchen. Die von ihm gefundene Substanz, welche er mit dem Namen Bryonin belegte, zeigte folgende Eigenschaften. Sie war in Wasser und Weingeist leicht löslich, in Aether unlöslich. Durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure wurde das Bryonin in Zucker und eine harzartige Masse zerlegt, die nur zum Teil in Aether löslich war. Dieses Spaltungsprodukt sah Walz als ein Gemenge von zwei harzartigen Körpern an, die sich durch ihr Verhalten gegen Aether von einander unterschieden, in Alkohol aber beide leicht löslich waren. Die in Aether lösliche Substanz nannte er Bryoretin, die in Aether unlösliche Hydrobryoretin. Nach Masson, dem E. Schmidt[5]) beizustimmen scheint, kommt dem Bryonin die Formel $C_{34}H_{50}O_9$ zu und zerfällt es beim Zerkochen mit verdünnter Schwefelsäure in Traubenzucker und das harzartige Bryogenin nach der Formel

$$C_{34}H_{50}O_9 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + 2\,C_{14}H_{20}O_2.$$

Z. Petrescu[6]) erwähnt kurz eine Arbeit von Urbeanu, der sich mit der Darstellung des wichtigen Prinzips aus *Bryonia alba* beschäftigt hat. Danach fand Urbeanu in der Wurzel der Zaunrübe mehrere Harze und ein Glykosid, welches er von Breï, dem Vulgärnamen der Zaunrübe in Rumänien, Breïn genannt hat.

---

[1]) Bullet. de Thérapeutique T. **49**, 1855, p. 548, cf. Schmidts Jahrbücher, Bd. **90**, 1856, p. 28.

[2]) Archiv des Apothekervereins, Bd. **3**, 1823, p. 351—367.

[3]) Jahrb. für prakt. Pharmacie, Bd. **3**, 1843, p. 287—299.

[4]) Neues Jahrbuch für Pharmacie, Bd. **9**, 1858. p. 65 und 217.

[5]) E. Schmidt, ausführl. Lehrbuch der pharmaz. Chemie, Bd. **2**, Braunschweig 1911, p. 1948.

[6]) Bryonia alba, ein neues Haemorrhagicum, und die Behandlung der Pneumonie mit Digitalis in grossen Dosen. Vortrag zu Paris 1888. Bukarest 1888.

Eingehend beschäftigte sich mit der Zaunrübe und ihren wirksamen Bestandteilen in Dorpat unter R. Kobert A. Mankowsky[1]. Er stellte aus der Knolle der *Bryonia alba L.* zunächst das Bryonin dar. Er fand aber ausser dem Bryonin in der Wurzel von *Bryonia alba* noch ein zweites Glykosid. Dieses nannte er Bryonidin. Vielleicht ist es mit dem harzartigen Bryoresin von Masson verwandt oder identisch. Selbst aus einer trockenen Bryoniawurzel liessen sich die beiden Glykoside, wenngleich nur in sehr kleiner Menge gewinnen. Sie unterscheiden sich chemisch sehr voneinander. Das Bryonin war in Aether unlöslich und durch Bleiessig schon aus verdünnter Lösung fällbar. Es zeigte sich mit dem von der Firma Merck hergestellten Bryonin identisch. Das Bryonidin war in Aether löslich, aber durch Bleiessig aus verdünnter Lösung nicht fällbar. Das Bryonin war in kaltem Wasser leicht, das Bryonidin in kaltem Wasser nur sehr wenig löslich. In absolutem Alkohol löste sich Bryonin schlecht, das Bryonidin sehr leicht.

Das von Etard in der *Bryonia dioica* gefundene Bryonan $C_{20}H_{42}$ ist wirkungslos und interessiert uns hier nicht.

Der bekannte Londoner Chemiker Power[2] untersuchte mit Moore die Bryoniawurzel und isolierte daraus mehrere Stoffe in Kristallform, die aber alle wirkungslos waren. Er erklärt die Ansicht älterer Untersucher, dass die Wirkung der Droge auf einem Gehalt an Glykosid beruhe, für falsch.

V. Bisherige Versuche an Tieren.

Orfila stellte mit der Wurzel folgende Versuche an:

1. 10 g fein zerstossener, trockener Wurzel wurden einem Hunde auf eine Oberschenkelwunde gepulvert. Er starb nach 60 Stunden, ohne Symptome ausser Schmerzen. Die Sektion ergab Vereiterung der Wunde, weiter nichts.
2. Einem kleinen, kräftigen Hunde wurden 15 g Radix Bryoniae per os appliziert und die Speiseröhre unterbunden. Nach 4 Stunden war das Tier noch gesund; am nächsten Morgen wurde es aber tot aufgefunden. Die Sektion ergab in den Herzkammern geronnenes Blut; die Lungen waren blutreich, der Magen, der noch das ganze eingeführte Pulver

---

[1] Ueber Bryonia alba. Historische Studien a. d. pharmakol. Institute d. k. Universität Dorpat, herausgegeben von Rudolf Kobert, Bd. **2**, p. 143—180. Halle 1890.

[2] Fred. B. Power, Americ. Journ. of Pharmacy **84**, 1912, p. 145.

enthielt, war von aussen stark gerötet, die Schleimhaut hochrot und mit schwärzlichen, nicht geschwürigen Flecken bedeckt. Die Schleimhaut des Dickdarms war stark entzündet.

3. Das Infus von 15 g Radix Bryoniae wurde einem Hunde per os gegeben. Tod nach 20 Stunden. Die Sektion ergab: Herz durch geronnenes und flüssiges Blut ausgedehnt, Magen- und Mastdarmschleimhaut kirschrot, die anderen Gedärme fast normal.

Aus diesen Versuchen folgerte Orfila, dass die Wirkung der Radix Bryoniae ebenso von der Entzündung und Reizung des Nervensystems an der Applikationsstelle, als von ihrer Absorption (also vom Blute aus) abhängen könne; dass ferner die Wurzel auf den Menschen ebenso wie auf Tiere wirke. Ihre Wirkung schreibt er dem in ihr enthaltenen Bryonin zu.

Auf die der Zeit nach auf Orfila folgenden Versuche von Wolodzko in Dorpat komme, ich weiter unten kurz zu sprechen.

Petrescu (a. a. O.) stellte mit dem Breïn von Urbeanu Tierversuche an. Hunde und Katzen vertrugen subkutan, ohne zu erkranken, 1,4 g, Kaninchen starben bei 1,5 g und Kröten bei 0,15—0,20 g. Die Wirkung bestand in einer so hochgradigen Kontraktion der Kapillaren, dass die Zirkulation aufhörte. Dieselbe Beobachtung machte Petrescu bei Kröten, Katzen, Kaninchen, Hunden, Mäusen und Fledermäusen.

Mankowsky (a. a. O.) stellte zunächst mit dem Merckschen Bryonin Tierversuche an und zwar mit Katzen und Fröschen. Er überzeugte sich bald davon, dass das Bryonin bei subkutaner Injektion für alle Tiere unwirksam ist. Nun gab er den Tieren das Bryonin per os in den Magen. Bei einer Katze trat nach Verabreichung von 1,0 g Bryonin Erbrechen ein. Um das zu vermeiden, wurde derselbe Versuch an einem Kaninchen gemacht. Dieses blieb nach 1,0, ja selbst auch nach 1,5 g Bryonin ganz gesund. Selbst bei intravenöser Applikation zeigte sich das Bryonin für Tiere wirkungslos. Auf das Froschherz hatte Bryonin keine besondere Einwirkung, wie Mankowsky mit isolierten Froschherzen am Williamsschen Apparate feststellen konnte. Auch auf die Darmperistaltik (der Katze) zeigte sich kein Einfluss des Bryonins. Das Resultat dieser Untersuchungen war, dass „das für so überaus giftig gehaltene Bryonin für Frösche, Katzen, Hunde und Kaninchen ungiftig ist oder höchstens geringfügiges Erbrechen veranlasst." Mankowsky stellte darauf Versuche mit der getrockneten *Radix Bryoniae albae L.* an. Er fand, dass das in Wasser Lösliche selbst aus

100 g trockener Bryoniawurzel für Katzen wirkungslos ist. Das in Alkohol Lösliche und nach dem Verdunsten des Alkohols in warmem Wasser Suspendierte aus derselben Menge Wurzel wirkte dagegen bei mittelgrossen Kaninchen vom Magen und vom Blute aus tödlich. Prof. Kobert wiederholte den letzten Versuch Mankowskys an Katzen. Er fand bei Einführung per os nur Erbrechen, jedoch bei vorsichtiger Einführung in das Blut trat spätestens nach 6 Stunden der Tod ein. Die Sektion ergab Entzündungserscheinungen an verschiedenen Stellen des Darmkanals. Da das in Alkohol Lösliche sich in Wasser nicht löst, sondern nur emulgiert einspritzen lässt, hat der Versuch mit intravenöser Einspritzung grösserer Dosen keine Beweiskraft. Die verschiedene Wirkung des wässerigen und des alkoholischen Auszugs der Wurzel kommt, wie Mankowsky mit Recht betont, daher, dass in das Wasser nur das darin lösliche Bryonin hineingeht, welches ja ungiftig ist. In die alkoholische Lösung geht dagegen das Bryonidin über. „Alle Vergiftungserscheinungen sind offenbar nur auf dieses zu beziehen.“ Mankowsky stellte nun mit dem reinen Bryonidin umfangreiche Untersuchungen an, meist an Katzen. Er fand 70 mg Bryonidin pro Kilo bei Katzen bei vorsichtiger Einführung vom Blute aus kaum schädlich, während 200 mg Substanz pro Kilo Tier stets tödlich wirkten, sowohl bei intravenöser als bei stomachaler Applikation. Die Sektion ergab in den meisten Fällen leichte Rötung und Schwellung der Magen-, Duodenum- und Dickdarmschleimhaut. Frösche von mittlerem Gewicht starben nach 20 mg Bryonidin, nach kleineren Dosen nicht mehr konstant. Die tödliche Dosis pro Kilo Frosch betrug ca. 600 mg. Das Gesamtresultat der Mankowskyschen Versuche war, dass das Bryonin sowohl für Warm- als für Kaltblüter ungiftig, dass Bryonidin aber für beide giftig ist, ja tödlich wirkt. Eine Einwirkung des Bryonidins auf die Gerinnung des defibrinierten und des undefibrinierten Blutes, auf die roten Blutkörperchen und auf gelöstes und auf ungelöstes Haemoglobin konnte Mankowsky nicht feststellen. Versuche, die er mit isolierten Froschherzen am Williamsschen Apparate anstellte, zeigten, dass das Bryonidin nur ein ganz schwaches Herzgift ist. Um den Einfluss des Bryonidins auf die Gefässe zu prüfen, wandte er die von Kobert[1]) und seinem Schüler

[1]) Ueber Beeinflussung der periph. Gefässe durch pharmak. Agentien: Archiv f. exper. Path. u. Pharm. Bd. **22**, p. 77.

Thomson[1]) benutzten Durchströmungsmethoden der überlebenden Warmblüterorgane und des Frosches an. Das Bryonidin erweiterte stark die Gefässe von Fröschen mit und ohne Gehirn und Rückenmark, verengerte sie dagegen niemals, während Petrescu dies doch beobachtet haben will. Auch an überlebenden Warmblüterorganen liess sich bei künstlicher Durchströmung eine erhebliche Erweiterung der Gefässe feststellen, aber niemals eine Verengerung. Das Bryonidin rief ferner in nicht tödlichen Dosen keine Blutdruckveränderung hervor, während es nach Petrescu den Blutdruck beträchtlich steigern müsste. Ferner erwies sich die parenteral beigebrachte Substanz ganz ohne Einwirkung auf die Darmperistaltik der Katze. Die vergifteten Tiere litten selbst bei tödlichen Dosen nicht an Diarrhöe. Die spezifische abführende Wirkung der Bryonia auf den Darm kommt eben nur gut zustande, wenn man das Bryonidin per os und zwar am besten in Form der frischen zerkleinerten Wurzel einführt. Durch langdauernde Einwirkung von alkalischem Pankreasauszug liess sich das Bryonidin zersetzen und unschädlich machen. Eine Wirkung dieser Substanz auf die peripheren Nerven war nicht festzustellen. Das durch Kochen mit Säuren erhaltene Spaltungsprodukt des Bryonidins erwies sich als unwirksam. Bei Versuchen mit eigener Bryoniawurzel kam Mankowsky zu dem Schluss, dass die *Radix Bryoniae albae* im April, trotzdem sie frisch ist, vollständig unwirksam ist und das wirksame Glykosid gar nicht oder nur in geringen Spuren enthält. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass Power[2]) derartige Knollen untersucht und daher kein wirksames Glykosid gefunden hat. Wolodzko[3]) bekam dagegen im Oktober und November Wirkungen. Die Wurzel ändert eben mit der Jahreszeit ihren Gehalt an wirksamen Stoffen erheblich. Aber auch die wirksame Oktoberwurzel verliert beim Trocknen, wie ja längst bekannt ist, beträchtlich an Wirkung. Wir dürfen wohl annehmen, dass ein bryonidinspaltendes Enzym dazu die Veranlassung ist.

---

[1]) Ueber Beeinflussung der periph. Gefässe durch pharmakol. Agentien. Inaug.-Diss. Dorpat 1886.

[2]) Power, Americ. Journ. of Pharmacy vol. **84**, 1912, p. 145.

[3]) De materiis ad Elaterii ordinem pertinentibus quaedam disquisitiones auctore Henrico Wolodzko. Diss. Dorpati Livonum 1857.

VI. Einige eigene Versuche.

Es lag mir nur daran, nochmals darzutun, dass tatsächlich zwei Glykosiden sich aus der Bryonia herstellen lassen, von denen das eine wirksam, das andere aber ganz unwirksam ist.

Zu meinen Versuchen benutzte ich von der Zeit der Mankowskyschen Versuche stammendes, nach Koberts Angaben dargestelltes stickstofffreies und fast aschfreies Bryonin und Bryonidin. Dieses Bryonin war im Wasser leicht löslich, auch in saurer Lösung. Beim Kochen mit verdünnten Mineralsäuren fällt etwas aus der Lösung des Bryonins aus und dieses ist dann in Wasser nicht mehr, in Natronlauge nur schwer löslich. Offenbar ist dies das hydrolytisch entstandene Bryogenin. Das Filtrat davon gibt Zuckerreaktionen. Unser Bryonidin löst sich in Wasser nicht, jedoch nach Zusatz eines Tropfens sehr verdünnter Natronlauge beim Erhitzen wohl. Aus dieser Lösung fällt es bei Säurezusatz wieder aus. In Chloroform ist es nur wenig, leichter in Aether löslich. Er reduziert Fehlingsche Lösung nicht, lässt sich aber durch verdünnte Schwefelsäure in Zucker und eine dunkle Masse spalten, die in Alkalien, z. B. in Natriumkarbonat-Kochsalzlösung, in Alkohol, Aether, besonders gut aber in Chloroform löslich ist. Setzt man zur 5 %igen Lösung des Bryonins in dest. Wasser tropfenweis physiologische Kochsalzlösung, so tritt bald eine Trübung und bei reichlicherem Zusatz Abscheidung des Bryonins ein. Dieser Versuch zeigt, dass sich das Bryonin sehr leicht aussalzen lässt. Stärkere Lösungen aller Neutralsalze tun dies fast momentan, während das Bryonidin aus seiner Lösung in verdünntem Natriumkarbonat nur durch konzentriertes Ammonsulfat leicht ausgefällt wird. Sublimat wirkt auf Bryoninlösungen ebenfalls fällend; das Gleiche gilt von Alaun. Gerbsäure fällt Bryonin voluminös. Mit konzentrierter Schwefelsäure färbt sich Bryonin kirschrot, und diese Färbung hält sich acht Tage lang unverändert. Vor dem Spektroskop sieht man einen scharfen Absorptionsstreifen in Grün. Das Bryonidin färbt sich uncharakteristisch braun und zeigt keinen Absorptionsstreifen. Mit Vanadinschwefelsäure färbt sich Bryonin blauviolett, Bryonidin aber nicht.

Für Tierversuche wurde das Bryonin in Wasser, das Bryonidin aber in physiologischer Kochsalzlösung unter Zusatz einiger Tropfen Natronlauge gelöst und dann der Ueberschuss der Lauge

abgestumpft. Zu einigen Versuchen wurde es auch als neutrale Gummiemulsion verwendet. Das Bryonin wirkte bei subkutaner Einspritzung in denjenigen Dosen gar nicht, bei denen das Bryonidin den Tod herbeiführte. Ich kann daher Mankowsky beistimmen, wenn er das Bryonin selbst bei Einspritzung unter die Haut als unwirksam erklärte. Ein Kaninchen, dem ein ganzes Gramm in den Magen gegossen wurde, blieb ebenfalls gesund.

An Fröschen (Temporarien) fand ich das Bryonidin noch stärker wirkend als Mankowsky es gefunden hatte. Für mittlere Frösche fand Mankowsky 20 mg als kleinste tödliche Dose; ich sah dieselben auch nach kleineren Dosen von Bryonidin noch regelmässig zugrunde gehen. So starb ein Frosch von 45 g Gewicht nach subkutaner Injektion von 10 mg Bryonidin in $1^1/_2$ Stunden. Die Herzkontraktion war schon vor dem Tode durch die Bauchdecken nicht mehr sichtbar. Mechanische Reizung des freigelegten Herzens ergab nur noch Kontraktion der Vorhöfe. Die galvanische Erregbarkeit des Rückenmarks war nur noch schwach vorhanden. Ein 20 g schwerer Frosch starb nach subkutaner Applikation von 5 mg Bryonidin in 1 Stunde. Sektion: Herz schlägt noch zeitweise, aber ganz schwach, Rückenmark noch galvanisch gut erregbar. Im Anfang der Vergiftung zeigen die Frösche zuerst unruhige, sprunghafte Bewegungen. Darauf treten allmählich Paresen ein, die bis zur totalen Lähmung führen. Die kleinste tödliche Dose für mittlere Frösche kann ich nicht über 10 mg ansetzen.

Kröten zeigten sich gegen Bryonidin nicht widerstandsfähiger als Frösche. Das Vergiftungsbild ist analog.

Ein Meerschwein von 480 g Gewicht starb nach subkutaner Darreichung von 50 mg Bryonidin nach 3 Stunden. Die Sektion ergab nichts Besonderes. Ein gleichgrosses Meerschwein blieb nach Injektion von 40 mg am Leben. Vergiftungssymptome wurden nicht beobachtet. Pro Kilo Meerschwein sind also 100 mg Bryonidin eine tödlich wirkende Dosis. Deutliche Erregungserscheinungen waren nicht vorhanden.

5 Pfund schwere Kaninchen starben nach subkutaner Darreichung von 0,12 g Bryonidin. Pro Kilo Kaninchen berechnet sich also die letale Dose auf 48 mg. Bei dieser Dosis erfolgte der Tod sehr langsam, einmal erst nach 24 Stunden. Vorher ging eine mehrstündige Agone. Die Sektion ergab in

keinem Falle entzündliche Veränderungen des Magendarmkanals; auch Herz und Nieren waren nicht verändert. Im Harn schien neben etwas Eiweiss das Glykosid enthalten zu sein.

Für Katzen fand ich 150 und 160 mg pro kg Körpergewicht bei subkutaner Einführung in 2 Fällen tödlich wirkend. Ich bin der Meinung, dass auch kleinere Dosen genügen würden, hatte aber keine weitere Substanz zur Verfügung. Der Tod erfolgte nach 6 und nach 9 Stunden. Auch diese Tiere waren schon Stunden vor dem Tode gelähmt. Auffallende Pulsveränderungen traten nicht ein. Die Sektion ergab auch bei dieser Tierart nichts Besonderes.

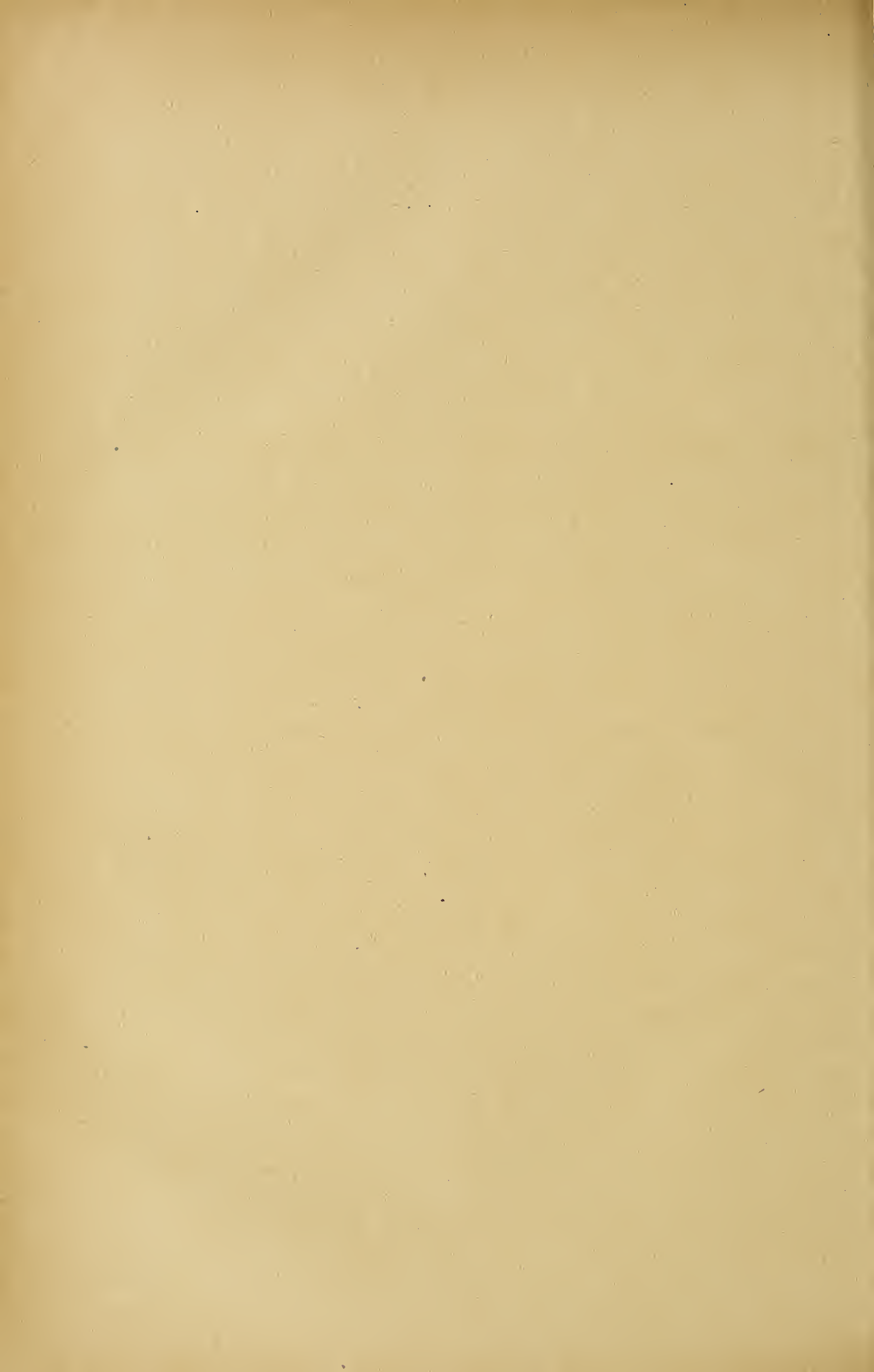
Ich habe endlich auch noch Versuche angestellt, die die Wirkung beider Glykoside auf verdünntes defibriniertes Blut und in Kochsalz suspendierte serumfreie Blutkörperchen dartun sollten. Die mit Bryonin scheiterten daran, dass der Kochsalzgehalt der Flüssigkeiten das Bryonin ausfällte. Die mit Bryonidin sind sehr schwierig, da dazu eine neutrale alkoholfreie Lösung des Glykosides verwendet werden muss. Ich arbeitete stets mit 2 %igen Blutkochsalzmischungen bezw. 1 %igen Blutkörperchenkochsalzmischungen. Das Kochsalz war immer 0,9 %ig. In der Tat glaubte ich anfangs gefunden zu haben, dass Blutkörperchen von Mensch, Hund, Katze, Meerschweinchen und Kaninchen sowie auch Blut vom Reh durch Bryonidin langsam hämolysiert werden. Bei sehr sorgfältig angestellten Wiederholungsversuchen konnte ich jedoch keine sichere hämolytische Wirkung feststellen und muss mich dahin aussprechen, dass das Bryonidin keine Wirkungen auf das Blut ausübt.

VII. Ergebnisse.

Aus meinen literarischen Studien sowie aus Mankowskys und meinen Versuchen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen.

1. Die frische Zaunrübenwurzel ist viel wirksamer als die getrocknete. Die frische ist äusserlich und innerlich als lokales Irritans Jahrtausende lang mit Erfolg angewandt worden. Jetzt spielt sie nur noch in der Homöopathie und in der Volksmedizin eine Rolle. Aber auch die frische Wurzel liefert bei der Verarbeitung nur im Spätherbst eine gute Ausbeute an wirksamer Substanz.

2. Aus der frischen Oktober-Wurzel lassen sich zwei Glykoside darstellen, deren chemische Verschiedenheiten p. 50 und 54 besprochen worden sind. Das wasserlösliche Bryonin hat Mankowsky ganz richtig als unwirksam erkannt. Das in Wasser unlösliche Bryonidin wirkt bei parenteraler Applikation auf das Nervensystem lähmend. Dies konnten Mankowsky und ich an Fröschen, Meerschweinchen, Kaninchen und Katzen dartun. Innerlich dürfte es Abführwirkung bedingen. Die Ansicht Powers, dass es kein wirksames Bryoniaglykosid gäbe, ist weder mit Mankowskys noch mit meinen Versuchen in Einklang zu bringen.
3. Therapeutische Anwendung verdient die Bryonia nicht. Die in Mecklenburg und sonstwo noch immer herrschenden abergläubischen Anschauungen über sie sind durch Aufklärung des Volkes zu beseitigen.



Die Magnetisierbarkeit von Zink-Kupfer-Legierungen und ihre Herstellungsweise.

Von
Konrad Greulich-Oppeln.

Eingegangen bei der Redaktion am 18. März 1915.

Einleitung.

Bei der Untersuchung der Magnetisierbarkeit von Legierungen von Kupfer und Zink zeigten sich nach der Rostocker Dissertation „Ueber metamagnetische Legierungen“ von K. Overbeck[1]) auffallende Unterschiede der Magnetisierungskoeffizienten[2]) je nach der Art der Herstellungsweise der Kupfer-Zink-Legierungen. Diese wurden zunächst auf die allgemein übliche Weise hergestellt, dass Zinkstücke in geschmolzenes Kupfer gebracht, ferner auf einem zweiten Wege, in dem umgekehrt in geschmolzenes Zink Kupferkügelchen hineingetan wurden. Von der ersten Art wurden Legierungen mit einem Gehalt an Kupfer von 100 bis 3 Prozent, von der anderen Art von 0 bis 28 Prozent angefertigt. Die Kurve der Magnetisierbarkeit der Legierungen nach der ersten Art zeigte einen ziemlich gleichmässigen Verlauf, während die Kurve bei den Legierungen, die nach der zweiten Methode hergestellt waren,

---

[1]) K. Overbeck, Sitzungsber. u. Abhandlungen d. naturf. Ges. zu Rostock. N. F. 4, S. 141. 1914.

[2]) Alle Legierungen von Kupfer und Zink sind diamagnetisch. Es ist also im folgenden stets eine negative Suszeptibilität gemeint, wenn von Suszeptibilität die Rede ist.

eine überraschende Abweichung zeigte, indem bei ihr ein rapides Anwachsen des absoluten Wertes der Suszeptibilität mit dem Kupfergehalt stattfand. Als Grund für die Verschiedenheit der beiden Kurven wurde die verschiedene Herstellungsweise der Legierungen vermutet. Als eine Möglichkeit wurde der durch die verschiedene Herstellungsweise bedingte Temperaturunterschied angenommen, wobei sich vielleicht auf dem zweiten Wege durch die hierbei auftretende niedrigere Temperatur eine besondere Modifikation bildete, die besonders stark diamagnetisch war. Eine zweite Erklärung war folgende, dass sich vielleicht auf dem ersten Wege, wo das Kupfer zuerst allein geschmolzen wurde, Kupferoxyd bildete, das durch seinen Paramagnetismus den Diamagnetismus der Legierung herabdrückte, während auf dem zweiten Wege die Oxydbildung verhindert wurde, da die Kupferkügelchen noch ungeschmolzen von dem flüssigen Zink umgeben wurden, und daher mit der Luft nicht in Berührung kamen.

Diese Abhängigkeit der Suszeptibilität von der Herstellungsweise festzustellen, war meine Aufgabe.

Allgemeine Bemerkungen über die Herstellungsweise.

Es sollte demnach durch genauere Untersuchungen darüber Klarheit geschaffen werden, ob für die verschiedene Magnetisierbarkeit der Grund in der Herstellungsweise lag, ob also der Temperaturunterschied oder die Oxydbildung die Magnetisierbarkeit der Legierungen beeinflusste. Um hierüber Gewissheit erhalten zu können, musste mit der grössten Sauberkeit und Sorgfalt gearbeitet werden, besonders um selbst Spuren von Eisen fernzuhalten, das schon in sehr geringen Mengen die Magnetisierbarkeit verändert. Zur Verwendung kamen nur die reinsten Materialien, nämlich gekörntes, elektrolytisches Kupfer und granuliertes Zink von der Firma Kahlbaum. Das Schmelzen geschah in einem Rösslerschen Schmelzofen. Für die Herstellung der Formen wurde der beste, sogenannte säurefreie Halle'sche Sand verwandt, wie er von den Gelbgiessern genannt wird. Diese überzeugen sich durch Uebergiessen des Sandes mit Salzsäure von der Güte desselben. Die Oberflächen der Sandformen wurden mit aufgeschlemmter Chilekleie übergossen, um eine Berührung des flüssigen Metalls mit dem Sande möglichst zu verhindern, da auch noch der reinste Sand etwas Eisen enthält. Zum Giessen wurden für alle Schmelzarbeiten

nur Porzellantiegel verwendet, da diese völlig eisenfrei sind, was bei Ton- und Graphittiegeln nicht der Fall ist.

Die Legierungen wurden in Form von parallelepipedischen Stäbchen gegossen, sodann gefeilt und poliert[1]), wobei darauf geachtet wurde, dass der Querschnitt überall möglichst gleich war. Sie waren meist 1,4 cm breit, 0,35 cm dick und 7 cm lang. Ferner wurde durch Elektrolyse ihr Kupfergehalt und mittels Pyknometers ihr spezifisches Gewicht bestimmt. Die magnetischen Messungen wurden in derselben Weise angestellt, wie dies in der Dissertation von Overbeck „Ueber metamagnetische Legierungen" angegeben ist, und auch zur Berechnung der Magnetisierungskoeffizienten $\varkappa$ die dort angegebene vereinfachte Formel verwandt.

Die Herstellung der Legierungen ausgehend vom reinen Zink.

Da die Kurve der Magnetisierbarkeit der Legierungen nach der zweiten Art vom Zink ausgehend nur bis zu einem Kupfergehalt von 28 % aufgestellt war und einen sehr überraschenden Verlauf zeigte, so wurde das Hauptgewicht der Untersuchungen zunächst darauf gelegt, den Verlauf dieser Kurve vollständig festzustellen. Es wurde daher mit der Anfertigung der Legierungen nach der zweiten Art begonnen, bei welcher in geschmolzenes Zink Kupferkügelchen hineingetan werden.

Die Kügelchen wurden hergestellt, indem im Porzellantiegel Kupfer bedeckt mit Borax, welches die Oxydbildung verhindern soll, zum Schmelzen gebracht und sodann über einen Reiserbesen in eine mit Wasser gefüllte Zinkwanne gegossen wurde, wobei das Kupfer in sehr viele kleine Kügelchen zerspringt. Die kleinsten hiervon, die nicht mehr als einen Millimeter Durchmesser haben durften, wurden ausgesiebt, um für die Güsse verwandt zu werden. Zu jeder Schmelzarbeit wurden stets neue Materialien und neue, ungebrauchte Porzellantiegel benutzt. Hierbei wurde stets darauf geachtet, dass das geschmolzene Kupfer nie mit Gegenständen, die Eisen enthalten konnten, in Berührung kam. Nachdem genügend Kupferkügelchen vorhanden waren, wurde eine abgewogene Menge Zink im Porzellantiegel zum Schmelzen gebracht und dann

[1]) Dass durch das Feilen, das mit sehr harten Feilen erfolgte, kein Eisen an die Stäbchen abgegeben wird, hat die Erfahrung gelehrt. Auch das Polieren auf (eisenhaltigem) Schmirgelpapier wirkt nicht anders wie das auf eisenfreiem Glaspapier.

nach und nach die Kupferkügelchen gemischt mit Salmiak, welches das Legieren erleichtern sollte, in der erforderlichen Menge hinzugegeben. Mit einem Pfeifenrohr, das, wie schon die weisse Farbe lehrt, eisenfrei ist, wurde umgerührt und nachgefühlt, ob sich alles Kupfer im Zink gelöst hatte. Hierauf wurde eine Legierung gegossen. Sodann wurden wieder Kupferkügelchen in das geschmolzene Metall in den Porzellantiegel hinzugegeben, und eine zweite Legierung mit höherem Kupfergehalt als die vorhergehende gegossen und so weiter fort, bis der Inhalt des Tiegels erschöpft war. Um weitere Legierungen zu erhalten, wurde stets in einem neuen, ungebrauchten Porzellantiegel Zink im Gasofen zum Schmelzen gebracht und auf die gleiche Weise Kupferkügelchen hinzugegeben, bis eine Legierung von einem Kupfergehalt von 61,5 % erreicht war. Auf diese Weise wurden viele Legierungen hergestellt, von denen 21 zu den Untersuchungen verwandt wurden. Die Analyse erfolgte auf elektrolytischem Wege.

Eine grosse Anzahl Porzellantiegel wurde verbraucht, da sie sehr leicht während des Arbeitens sprangen.

Messungen.

Nachdem der Gehalt an Kupfer, das spezifische Gewicht und der Magnetisierungskoeffizient jeder einzelnen Legierung festgestellt war, wurden diese Daten in folgender Tabelle zusammengestellt.

Um die Angaben in der Tabelle besser verstehen und eventuell auch die Werte für die Magnetisierungskoeffizienten nachprüfen zu können, will ich die Art, wie die magnetischen Messungen angestellt wurden, möglichst genau angeben.

Ueber einen du Bois'schen Halbringelektromagnet, dessen 4 cm breite, kreisförmige Polschuhe 6 mm voneinander entfernt waren, wurde ein über 2 m langes Glasrohr senkrecht angebracht, das oben durch einen Kork abgeschlossen war. Durch den Kork gingen durch 2 etwa 1 cm voneinander entfernte Bohrungen 2 Seidenfäden, die auf drehbare, dicke Drahtstücke aufgewickelt waren, um die Länge der Fäden beliebig verlängern oder verkürzen zu können. An den Fäden war unten eine Aufhängevorrichtung aus Messingblech befestigt, in welche die zu untersuchenden Legierungen hineingelegt wurden. Die Fäden waren überall 1 cm voneinander entfernt. Sodann wurde der Magnet so

gestellt, dass das eine Ende der Legierung möglichst weit in den Spalt zwischen den Polschuhen zu hängen kam, und völlig frei schwingen konnte. Um Störungen durch Luftströmungen auch hier noch zu vermeiden, befand sich um die Polschuhe ein Glaskasten. Auf das andere Ende der Legierung war mit Wachs ein Glimmerblättchen befestigt, auf dem eine Marke eingeritzt war. Die Ausschläge wurden durch ein Mikroskop mit Okularmikrometer beobachtet und abgelesen. Zur Berechnung der Suszeptibilität wurde die in der Dissertation „Ueber metamagnetische Legierungen" abgeleitete vereinfachte Formel benutzt.

$$\varkappa = \frac{2M \cdot g}{H \cdot q} \cdot \frac{s}{l}.$$

Hierin bedeutet:

M die Masse der Legierung mit dem der Aufhängevorrichtung, wobei das Gewicht der Aufhängefäden zur Hälfte dazu gerechnet wird,
g ist die Erdbeschleunigung,
H das Magnetfeld und zwar hier 9000 Gauss, da $\varkappa$ stets nur bei dieser Stärke des Magnetfeldes bestimmt wurde,
q ist der Querschnitt der Legierung,
s ihre Ablenkung in Zentimetern und
l die Länge der Aufhängefäden in unserem Falle 228 cm.
Das Gewicht der Aufhängevorrichtung betrug 2,0732 g.
Das Magnetfeld war für die magnetisierende Stromstärke mittels des Gans'schen magnetischen Etalons und eines ballistischen Galvanometers geaicht worden.

Wir ersehen aus der umstehenden Tabelle, dass die (negative) Suszeptibilität bei den Legierungen dieser Art rapide anwächst, bei einem Kupfergehalt von 30 % ihr Maximum erreicht, und dann bis zu einem Kupfergehalt von 40 % sehr rasch abfällt. Von hier aus nimmt die Suszeptibilität allmählich ab, um sich dem für Kupfer geltenden Werte zu nähern.

Damit waren die Aenderungen der Magnetisierbarkeit der Legierungen ausgehend vom reinen Zink genügend weit festgestellt, da anzunehmen war, dass bei noch kupferreicheren Legierungen als 61 % nach diesen Erfahrungen sich weiter keine Besonderheiten ergeben würden.

Tabelle für die Legierungen ausgehend vom reinen Zink.

No.	% Cu	Dichte	Ab-lenkung	Vergr.	Querschnitt	Gew. + Glimm. bl.	$-\varkappa \cdot 10^6$
Zn	0,0	7,101	63	41,3 ×	0,373 · 1,43	26,7940	0,877
I 1	1,996	7,178	68	„	0,38 · 1,435	28,0017	0,964
I 2	4,160	7,294	77	„	0,384 · 1,435	28,1044	1,084
I 3	5,801	7,361	83	„	0,38 · 1,43	27,9575	1,175
I 4	7,346	7,422	88	„	0,38 · 1,43	27,9069	1,229
I 5	7,77	7,423	88	„	0,38 · 1,5	27,6173	1,244
I 6	9,849	7,437	97	„	0,4 · 1,46	29,7547	1,36
I 7	14,18	6,846[1]	67	26 ×	0,38 · 1,48	27,6474	1,54
I 8	15,25	6,816[1]	76	„	0,4 · 1,46	27,7189	1,584
I 9	18,24	7,099	84	„	0,41 · 1,465	29,1942	1,787
I 10	20,07	7,237	87	„	0,35 · 1,37	23,9622	1,926
I 11	23,77	7,656	94	„	0,38 · 1,4	29,4667	2,39
I 12	25,25	7,565	70	14 ×	0,32 · 1,39	28,0586	3,005
I 13	25,66	7,718	71	„	0,32 · 1,39	23,8791	3,152
I 14	28,15	7,643	90	„	0,38 · 1,4	27,8055	3,868
I 15	30,03	7,944	106	„	0,39 · 1,47	31,9112	4,77
I 16	35,65	7,90	99	„	0,38 · 1,42	32,0578	4,371
I 17	40,60	8,015	40	„	0,42 · 1,45	33,1005	1,756
I 18	44,95	8,145	36	„	0,36 · 1,47	29,4038	1,628
I 19	52,52	8,278	31	„	0,36 · 1,4	29,4559	1,475
I 20	59,63	8,465	26	„	0,35 · 1,43	28,9304	1,224
I 21	61,47	8,468	25	„	0,38 · 1,41	31,2996	1,18

Herstellung der Legierungen ausgehend vom reinen Kupfer.

Nun handelte es sich darum, zu ermitteln, wie sich die Magnetisierbarkeit der Legierungen verhielt, wenn man von dem umgekehrten Wege ausging, indem man in geschmolzenes Kupfer Zinkstücke hineinwarf.

Die Legierungen nach dieser Art wurden in Formen gegossen, die auf die gleiche Weise und mit derselben Sorgfalt hergestellt waren, wie diejenigen für die vorige Art.

Eine abgewogene Menge reines, gekörntes, elektrolytisches Kupfer wurde im Porzellantiegel im Rösslerschen Schmelzofen zum Schmelzen gebracht und dann die erforderliche Menge Zink

[1]) Die hier und an anderen Stellen recht beträchtlichen Unregelmässigkeiten sind auf Gussfehler zurückzuführen. Auf die magnetischen Untersuchungen haben solche Gussfehler keinen merklichen Einfluss, wenn sie sich nicht gerade an den Orten befinden, wo das wesentliche Gefälle des Magnetischen Feldes liegt.

in das flüssige Kupfer hineingeworfen unter ständigem Umrühren mit einem Pfeifenrohr, um eine Legierung von der gewünschten Zusammensetzung zu erhalten. Nach dem Guss wurde wieder Zink in das flüssige Metall hinzugegeben, wieder umgerührt und weitere Legierungen gegossen, bis der Inhalt des Porzellantiegels erschöpft war. Zu ferneren Güssen wurden auch bei dieser Art der Herstellungsweise der Legierungen stets neue, ungebrauchte Porzellantiegel verwandt, und auch immer darauf geachtet, dass das Metall nicht mit Materialien in Berührung kam, die Eisen enthalten konnten. Der Formsand, der auch eisenhaltig ist, hat erfahrungsgemäss keinen Einfluss. Offenbar kühlt sich der Guss doch hinreichend rasch ab, um kein Eisen aus der Form mit aufzunehmen. Ausserdem schützt, wie schon bemerkt, wohl auch der Kleieüberzug.

Von dieser Art wurden 23 Legierungen mit einem Prozentgehalt an Kupfer von 96,78 bis 5,34 für die magnetischen Untersuchungen ausgewählt. Bei ihnen wurde ebenfalls durch Elektrolyse der Kupfergehalt und mittels Pyknometers das spezifische Gewicht festgestellt. Die Magnetisierungskoeffizienten $\varkappa$ wurden nach derselben Formel berechnet wie bei den Legierungen ausgehend vom reinen Zink.

Die gefundenen Werte sind in umstehender Tabelle zusammengestellt.

Die Werte der Magnetisierungskoeffizienten zeigen bei diesen Legierungen zunächst eine allmähliche Zunahme vom Kupfer aus bis zu Legierungen von ungefähr 50 % Kupfer, sodann ein ungewöhnlich rapides Anwachsen bis zu einer Legierung mit einem Kupfergehalt von 33,29 %. Von diesem Maximum nimmt die Magnetisierbarkeit sehr rasch bis zu dem für das reine Zink gefundenen Werte ab.

Das merkwürdige Verhalten der Magnetisierbarkeit der Legierungen ausgehend vom reinen Kupfer stimmt genau mit den Ergebnissen bei den Legierungen nach der zweiten Art (I.) überein.

Ganz deutlich tritt diese Erscheinung bei der folgenden Kurve (siehe S. 9) hervor, wo für beide Arten von Legierungen die Gewichtsprozente auf der Abszisse und die Werte der Magnetisierungskoeffizienten auf der Ordinate aufgetragen sind.

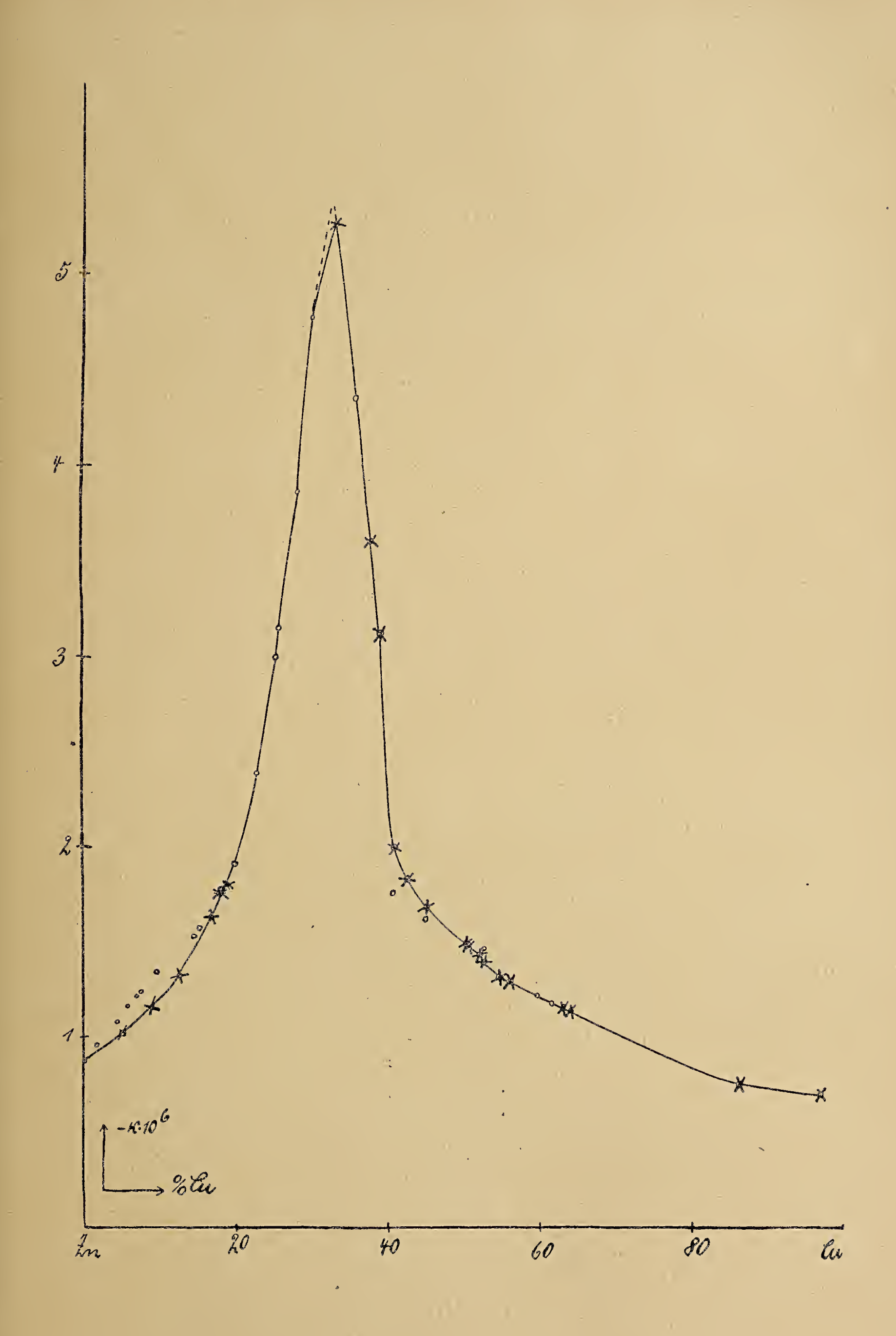
Die Werte für die Legierungen, die vom reinen Zn aus hergestellt sind (I.), sind mit einem Ringelchen umgeben, die nach der anderen Art hergestellten ausserdem noch kreuzweise durchgestrichen.

Tabelle für die Legierungen ausgehend vom reinen Kupfer.

No.	% Cu	Dichte	Ab-lenkung	Vergr.	Querschnitt	Gew. + Glimm. bl.	$-\varkappa \cdot 10^6$
II 1	96,78	7,095	40	41,3 ×	0,39 · 1,425	36,0729	0,7062
II 2	86,05	8,627	45	„	0,335 · 1,4	28,7338	0,7594
II 3	64,08	8,365	70	„	0,365 · 1,4	30,1856	1,136
II 4	63,47	8,396	49	26 ×	0,375 · 1,4	28,3469	1,160
II 5	55,95	8,369	79	41,3 ×	0,37 · 1,43	31,9756	1,307
II 6	54,78	8,278	55	26 ×	0,335 · 1,43	28,1543	1,321
II 7	52,52	8,283	56	„	0,355 · 1,44	30,5732	1,391
II 8	52,22	8,087	63	„	0,365 · 1,44	29,3918	1,440
II 9	52,03	8,227	60	„	0,36 · 1,4	29,6678	1,443
II 10	50,89	8,136	70	„	0,345 · 1,44	23,8797	1,494
II 11	50,20	8,169	60	„	0,34 · 1,44	28,5435	1,507
II 12	45,32	8,156	35	14 ×	0,39 · 1,44	33,9672	1,705
II 13	42,58	8,012	53	„	0,42 · 1,395	24,7928	1,844
II 14	41,16	8,016	47	„	0,415 · 1,47	32,0708	1,996
II 15	38,95	7,938	69	„	0,4 · 1,43	32,1059	3,129
II 16	37,82	7,928	77	„	0,41 · 1,45	33,7200	3,600
II 17	33,29	7,714	112	„	0,385 · 1,47	32,9667	5,262
II 18	19,22	7,236	87	26 ×	0,37 · 1,465	25,5852	1,812
II 19	17,91	7,301	90	„	0,39 · 1,445	25,9722	1,789
II 20	16,93	7,299	72	„	0,365 · 1,46	27,7300	1,642
II 21	12,7	7,111	58	„	0,37 · 1,445	27,4236	1,336
II 22	9,271	7,221	56	„	0,36 · 1,45	28,3209	1,169
II 23	5,346	7,187	50	„	0,34 · 1,445	24,9542	1,122

Wenn wir die zugehörigen Punkte miteinander verbinden, so sehen wir, dass wir einen einheitlichen stetigen Kurvenzug erhalten, und dass die Werte der Magnetisierungskoeffizienten bei gleicher Zusammensetzung für die Legierungen nach beiden Arten der Herstellungsweise fast völlig übereinstimmen bis auf kleine, den Beobachtungsfehlern zuzuschreibende Abweichungen. Die Kurve bei den Legierungen ausgehend vom reinen Kupfer zeigt einen viel schöneren Verlauf und gibt sicher die vorliegenden Verhältnisse bei den Kupfer-Zink-Legierungen viel besser wieder, da bei ihrer Anfertigung und Untersuchung naturgemäss eine viel grössere Erfahrung und Uebung erreicht war. Auch ist diese Herstellungsweise die allgemein übliche und einfachere.

Die zweite Methode (I.) ist bequemer für sehr schwach Cu-haltige Legierungen, weil dann eine geringe Temperatur zur Herstellung ausreicht, bei der das Zink noch nicht zum Verdampfen kommt.


5
4
3
2
1
-κ·10⁶
% Cu
Zn
20
40
60
80
Cu

Die Kurve zeigt also ganz deutlich, dass die Magnetisierbarkeit der Legierungen von Kupfer und Zink unabhängig von der Herstellungsweise und den hierbei auftretenden Temperaturen ist.

Allein massgebend für die Magnetisierbarkeit der Zn-Cu-Legierungen ist nur der Prozentgehalt und die Sorgfalt und Sauberkeit der Arbeit.

Damit war also meine Aufgabe erfüllt, da hiernach einwandfrei nachgewiesen ist, dass die Art der Herstellungsweise ohne Einfluss auf die Magnetisierbarkeit ist und demnach auch nicht 2 verschiedene Kurven für die Magnetisierbarkeit auftreten können.

Ursachen der Beobachtungsfehler.

Der Grund dafür, dass kleine Abweichungen von einer stetigen Kurve besonders bei den Legierungen der zweiten Art (I.) vorhanden sind, ist wohl folgender.

Bei der Berechnung der Magnetisierungskoeffizienten nach unserer Formel ist von grosser Bedeutung die genaue Bestimmung des Querschnittes der Legierung und ihrer Ablenkung durch den Magneten. Vorausgesetzt ist natürlich, dass auch bei der Bestimmung der Zusammensetzung der Legierung während der Analyse keine Fehler vorgekommen sind. Der Querschnitt der Legierungen ist nicht überall gleich, weil sich in vielen von ihnen, wie die spezifischen Gewichte beweisen, Blasen befinden. Ausserdem wird der Querschnitt durch das Feilen aus freier Hand nie ganz gleichmässig, wozu noch hinzukommt, dass manche Legierungen so spröde sind, dass eine Bearbeitung fast völlig ausgeschlossen ist.

Das Ablesen der Ablenkung durch den Magneten wird hauptsächlich durch die beim Oeffnen des Stromes auftretenden Foucault-Ströme erschwert, durch welche die Legierung in ziemlich grosse Schwingungen versetzt wird. Dadurch kann es leicht vorkommen, besonders beim Beginn der Arbeiten, dass man gewohnheitsmässig einen Teilstrich zu viel oder einen zu wenig abliest. Ausserdem können noch seitliche Schwankungen der Legierung die Genauigkeit beeinträchtigen. Es wurde versucht, die Wirkung der Foucault-Ströme durch allmähliches Verstärken oder Schwächen des Stromes herabzudrücken. Andererseits geben die Foucault-Ströme eine gute Dämpfung, so dass der Ausschlag der Legierung bequemer abzulesen ist als die Ruhelage. Die schädliche Wirkung der ungedämpften Einstellung der Nullage könnte dadurch ver-

mieden werden, dass man nicht von 9000 Gauss auf 0 heruntergeht, wie es hier getan wurde, sondern z. B. auf 3000 Gauss. Dann würde der Abstand zwischen diesen beiden Einstellungen genau zu bestimmen sein.

Aus den angeführten Gründen kann man also sicher annehmen, dass die Magnetisierbarkeit bei beiden Arten der Legierungen völlig übereinstimmt.

Dem Kurvenzuge, der von den Legierungen ausgehend vom reinen Kupfer gebildet wird, ist nach diesen Ausführungen der Vorzug zu geben, da bei ihrer Untersuchung infolge der grösseren Erfahrung naturgemäss genauere Werte erzielt wurden.

Folgerungen aus dem Verlauf der Kurve.

Die Kurve zeigt einen sehr überraschenden und interessanten Verlauf. Sie steigt rapide vom Zink bis zu einem Kupfergehalt von 33 % an, fällt dann wieder rasch ab bis ungefähr 60 % und nähert sich dann allmählich dem Werte für Kupfer.

Die Arbeit verfolgte noch den Zweck, zu untersuchen, ob vielleicht ein gewisser Zusammenhang zwischen der Magnetisierbarkeit und der Leitfähigkeit der Cu- und Zn-Legierungen besteht. Die Leitfähigkeit hatte bereits Herr Professor Dr. R. H. Weber[1]) bestimmt und dabei einen eigenartigen Verlauf festgestellt. Die Kurve hatte zwei Aeste, bei denen das Maximum des einen zwischen 30 und 40 % Zink, das Maximum des anderen zwischen 60 und 70 % Zink zu liegen scheint. Bei etwas über 50 % Zink, also bei einer Legierung, die etwa der Verbindung Cu-Zn entsprechen würde, macht die Kurve eine scharfe Wendung und hat dort vielleicht eine Spitze. Bei meiner Kurve dagegen liegt die Spitze bei ungefähr 67 % Zn, also bei einer Legierung, welche die Zusammensetzung $CuZn_2$ haben dürfte. Man kann daher hieraus nicht ersehen, ob ein Zusammenhang zwischen der Magnetisierbarkeit und Leitfähigkeit der Zink-Kupfer-Legierungen besteht.

Bei den Untersuchungen der Magnetisierbarkeit von O. C. Clifford[2]) an Kupfer-Zinn-Legierungen wurde eine Kurve gezeichnet, deren Maximum des Diamagnetismus bei einer Legierung von etwa 35 % Kupfer liegt mit $\varkappa = 2{,}2$. Ob jedoch

---

[1]) R. H. Weber, Wied. Ann. **68**, S. 705. 1899.

[2]) O. C. Clifford, Phys. Rew. **26**, S. 437. 1908.

die von O. C. Clifford gefundenen Resultate quantitativ zuverlässig sind, bedarf noch der Bestätigung, da er z. B. für reines Kupfer $\varkappa = 1{,}2$ angibt. Annähernd so hoch ist $\varkappa$ für reines Kupfer sonst nirgends angegeben. Auch ist die Zahl der untersuchten Legierungen viel zu gering, um den Verlauf der Kurve genau erkennen zu können.

Besonders möchte ich darauf hinweisen, dass der bei den Kupfer-Zink-Legierungen erreichte Diamagnetismus nächst Wismut der höchste bisher beobachtete ist. Es ist möglich, dass vielleicht das Antimon einen ebenso hohen Diamagnetismus besitzt wie die Kupfer-Zink-Legierungen zwischen 30—35 % Kupfer. Er ist jedoch von verschiedenen Forschern sehr stark voneinander abweichend gefunden worden, wie man aus folgender Tabelle ersehen kann, die aus den Tabellen von Landolt und Börnstein entnommen ist und neben Kupfer und Zink und einigen besonderen Legierungen aus beiden Metallen die Körper mit dem höchsten Diamagnetismus enthält.

Es ist dem Kurvenzug nach wahrscheinlich, dass der beobachtete Maximalwert (33,29 %) noch nicht der Maximalwert der Kurve ist, dass dieser vielmehr bei noch etwas geringerem Kupfergehalt, also vielleicht bei der Legierung $CuZn_2$, das wären 32,716 % Cu, liegt.

Substanz	$-\varkappa \cdot 10^6$	Mittelwert
Wismut	14	13
	13	
	12	
Antimon	4,5	4,6
	5,6	
	3,8	
Gold	3,1	3,1
Quecksilber	2,6	2,4
	2,1	
Silber	1,3	1,5
	1,5	
	1,7	
Zink	0,7	0,82
	0,94	
Kupfer	0,80	0,73
	0,66	

Zum Vergleich:

Cu-Zn-Legierungen	$-\varkappa \cdot 10^6$
% Cu	
30,03	4,77
33,29	5,262
35,65	4,371
96,78	0,706
0,00	0,877

Dass diese eigenartige Erscheinung bei den Zink-Kupfer-Legierungen bisher noch nicht entdeckt worden ist, liegt sicher daran, dass die Legierungen zwischen 30 und 40 % Kupfer wohl nie untersucht worden sind, da ihre Herstellung wegen ihrer sehr grossen Härte und ausserordentlichen Sprödigkeit mit vielen Schwierigkeiten verknüpft ist.

Ausserdem tritt der hohe Diamagnetismus nur dann auf, wenn mit der peinlichsten Sorgfalt darauf geachtet wird, dass kein Eisen in die Legierungen hineinkommt.

Der Verlauf der Kurve gibt vielleicht nun auch einen Anhaltspunkt dafür, warum Legierungen von Kupfer und Zink, wenn sie etwas Eisen enthalten, bei schwachem Magnetfelde paramagnetisch, bei starkem diamagnetisch sein können. Dieses Verhalten der Legierungen ist von K. Overbeck entdeckt worden und wurde Metamagnetismus genannt. Er trat nicht auf bei reinem Kupfer und reinem Zink, sondern nur bei Legierungen aus den beiden Metallen. Man kann vielleicht vermuten, dass in der Mischung eine hinreichende Menge der Legierung $CuZn_2$ vorhanden sein muss, damit der Metamagnetismus auftreten kann.

Tatsächlich ist der Metamagnetismus nur bei Legierungen von ungefähr 50 % Zinkgehalt beobachtet worden, die einen bedeutend höheren Diamagnetismus als Kupfer und Zink besitzen. Ob meine Behauptung richtig ist, könnte durch Untersuchungen an Legierungen nachgeprüft werden, die auf der anderen Seite des Maximums liegen.

Giessen von reinem Kupfer.

Um die Kurve vollständig zu erhalten, wurde auch ein reiner Kupferguss versucht. Im Porzellantiegel wurde reines, gekörntes, elektrolytisches Kupfer, mit Borax bedeckt, im Rössler'schen Ofen zum Schmelzen gebracht und dann in die Form gegossen. Der erhaltene Guss war jedoch sehr stark blasig und daher unbrauchbar. Auch ein Versuch, das Kupfer zu giessen, ohne Borax zu Hilfe zu nehmen, misslang. Dagegen glückte es, einen leidlichen Guss zu erhalten von Kupfer, das im Tontiegel geschmolzen war. Der Guss war jedoch völlig paramagnetisch und auch schon deshalb nicht zu gebrauchen, weil ein Tontiegel benutzt worden war. Von weiteren Versuchen, reines Kupfer zu giessen, wurde

deshalb Abstand genommen. Jedoch möchte ich angeben, wie ein solcher für magnetische Messungen einwandfrei vielleicht angefertigt werden kann. Es ist dazu nötig, dass man das Kupfer schon in eine Porzellanform zum Schmelzen bringt und in ihr dann das flüssige Kupfer erkalten lässt. Auf diesem Wege lässt sich sicher ein reiner, für magnetische Messungen brauchbarer Kupferguss herstellen. Die Schwierigkeit des reinen Kupfergusses hängt zum Teil mit der Oxydbildung zusammen, die durch ganz geringen Zusatz gewisser anderer Metalle — Zn, Fe, Al — unterdrückt wird. Deshalb gelingt wohl der Kupferguss aus dem Hesse'schen Tiegel, aus dem das Kupfer Eisen aufnimmt, leichter. Mit der Kupferoxydbildung mag auch zum Teil der oft auftretende Paramagnetismus anscheinend reinen Kupfers zusammenhängen.

Endgiltige Anordnung des Apparates für die magnetischen Messungen.

Bei den Untersuchungen der Magnetisierbarkeit der Zink-Kupfer-Legierungen hatte sich unsere Methode der Bestimmung der Magnetisierungskoeffizienten sehr gut bewährt. Es wurde deshalb versucht, den hierzu benutzten Apparat noch zu verbessern. Statt des Glasrohres wurde ein Messingrohr von 2 m Länge genommen, in das an beiden Enden kurze Glasröhren (Auerlampenzylinder) gesetzt wurden. Der Durchmesser des Rohres beträgt 6 cm, die Gesamtlänge 2,34 m. Das Rohr wurde oben durch eine Messingkapsel abgeschlossen, auf der sich 2 Messingwirbel befinden, um die Fäden beliebig verlängern oder verkürzen zu können. Auf dem Deckel der Kapsel sind Bohrungen, durch welche die Fäden hindurchgehen können. Um die seitlichen Schwankungen der Legierungen zu vermeiden, wurde versucht, 2 Fädenpaare statt 2 Fäden zur Aufhängung zu verwenden. Die Fäden eines jeden Paares hatten oben einen Abstand von 4 cm und liefen unten zusammen, während die beiden Paare einander in Abstand von 1 cm parallel liefen. Das sollte die Bewegungsfreiheit nach der Seite, parallel der Richtung der Fädenpaare beseitigen. Bei der grossen Länge der Fäden wurde der Zweck aber nicht erreicht, weshalb wieder nur 2 Fäden genommen wurden. Für diamagnetische Legierungen ist diese Bewegungsfreiheit gleichgiltig, weil die

Körper doch in die Mittelebene zwischen den Polen gedrängt werden; für stark paramagnetische Körper aber ist sie sehr hinderlich, da die Körper sich leicht an die Pole anlegen.

Ausserdem wurde die Aufhängevorrichtung aus Messingblech beseitigt und statt dessen ein eisenfreies Hartgummiblättchen von $2^1/_2$ cm Länge und 2 cm Breite verwandt, an welches beiderseits ein ösenartig zusammengelegter Streifen Seidenpapier angeklebt wurde, in den die Legierung eingelegt werden konnte. Da das Seidenpapier sich der Form jeder Legierung vollkommen anpasste, wird ein Verschieben der Legierung in der Aufhängevorrichtung vermieden. Die beiden Seidenfäden sind an dem Hartgummiblättchen in einer Entfernung von 1 cm befestigt.

Senkrecht zur Wand sind lotrecht übereinander zwei Konsolen angebracht, von denen jede in einer Holzrinne verschiebbar eine Zentrierklemme[1]) trägt, durch die das Rohr gehalten wird. Dadurch wird erreicht, dass das Rohr oben wie unten nach vorn und hinten und auch nach rechts und links verschoben und genau vertikal gerichtet werden kann. Das Rohr ist in einer solchen Höhe angebracht, dass die in die Aufhängevorrichtung gelegte Legierung frei mitten zwischen den Polschuhen des zu den Messungen verwandten du Bois'schen Halbringelektromagneten schwingen kann. Um die Polschuhe herum befindet sich, um Störungen und Fehler durch Luftströmungen zu vermeiden, ein Glaskästchen, das bis an das untere Ende des Rohres heranreicht, und nur eine Oeffnung für das Beobachtungsmikroskop besitzt, mit dem die Ausschläge abgelesen werden. Das Mikroskop ist horizontal an einem Stativ angebracht und wurde für die Messungen mit einer 41,3-, 26- und 14fachen Vergrösserung benutzt. Die Schraubenfüsse des Elektromagneten stehen auf je 2 Glasplatten, zwischen die Lykopodiumsamen gestreut ist, um dadurch, wenn nötig, ein Verschieben des Magneten zu erleichtern. In den den Magneten erregenden Strom ist ausser 2 Widerständen zur langsamen Ein- und Ausschaltung des Magnetfeldes ein Ampèremeter (Nadir-Instrument) eingeschaltet, durch das nach der Stromstärke aus einer Tabelle die Feldstärke bestimmt werden kann. Die Aichnung des Magneten geschah, wie erwähnt, mittels eines

---

[1]) Aus dem physikalischen Baukasten nach W. Volkmann von G. Beck u. Cie.

Gans'schen magnetischen Etalons, wobei die Tabelle für die Feldstärken aufgestellt wurde.

Diese Aichnung ist nicht mit den feinsten heute bekannten Mitteln ausgeführt worden; es haften daher unseren absoluten Zahlenwerten vielleicht kleine Unsicherheiten an, die aber die relativen Werte nicht betreffen. Die Zugrundelegung eines zuverlässigen Wertes für das reine Zink lässt dann auch unsere absoluten Werte zuverlässiger gestalten.

Vorstehende Untersuchungen wurden in der theoretisch-physikalischen Abteilung des physikalischen Instituts der Universität unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. R. H. Weber ausgeführt.

An dieser Stelle nehme ich Gelegenheit, Herrn Prof. Dr. R. H. Weber meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die bereitwillige Unterstützung, die er mir stets hat zuteil werden lassen.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Heydweiller für sein wohlwollendes Interesse an dieser Arbeit.

Ueber die subkutane Methode der Narkose durch Magnesiumsalze.
(Sulfat und Glycerophosphat.)

Von

Bruno Krause aus Niederlahnstein.

Eingegangen bei der Redaktion am 1. Juli 1915.

Der Tetanus ist eine akute Infektionskrankheit, deren Hauptsymptom in dem Auftreten heftiger ausgebreiteter tonischer (tetanischer) Muskelkrämpfe besteht. Die spezifischen Tetanuserreger, die Tetanusbazillen, wurden zuerst von Nikolaier in Gartenerde entdeckt, von Kitasato in Reinkulturen genauer untersucht. Rosenbach züchtete zuerst dieselben Bazillen aus dem Wundsekret eines an traumatischem Tetanus verstorbenen Mannes. Die Tetanusbazillen sind schlanke bewegliche Stäbchen, an deren einem Ende ein kleines Köpfchen d. i. eine Spore entsteht. Diese Sporen zeichnen sich durch ihre grosse Widerstandskraft gegenüber äusseren Einflüssen (Hitze, Austrocknung) aus. Die spezifische Bedeutung dieser Bazillen für den Wundtetanus schien durch zahlreiche Untersuchungen über jeden Zweifel sicher festgestellt zu sein; jedoch hat (nach einem Referate von Kolle auf dem kriegschirurgischen Abend in Lille vom 13. Januar 1915) Friedberger gefunden, dass ausser dem Tetanusbazillus auch noch andere Mikroben Tetanus machen können. Ja, es soll einen Tetanus ohne Mikroben, verursacht durch Resorption eignen Körpereiweisses, bei grossen Weichteilverletzungen geben. Trotzdem empfiehlt Kolle jeden Verwundeten mit Tetanusserum prophylaktisch zu behandeln, obwohl dieses selbstverständlich ja nur gegen

Infektion durch den echten Tetanusbazillus Nutzen bringen kann. Diese Massnahme hat in der Tat ausserordentlich viel genützt. Im Gegensatz zu dieser prophylaktischen Behandlung hat die auf der Toxinentgiftung durch Heilserum basierende Therapie des schon ausgebrochenen Tetanus nach Stadler[1]) die auf sie gesetzten grossen Hoffnungen nur zum kleinen Teil erfüllt. Die Seruminjektion kann nur eine weitere Vergiftung zurückhalten, dem bestehenden Vergiftungszustand gegenüber ist sie machtlos. Stadler sagt weiter wörtlich:

> „Wir müssen deshalb auch heute noch eine wirksame symptomatische Therapie als das wichtigste Postulat in der Tetanusbekämpfung ansehen. Da der tödliche Ausgang beim Tetanus wohl die Folge der durch die Krämpfe hervorgerufenen Asphyxie und Kräftekonsumption ist, so bleibt die Krampfunterdrückung die Hauptaufgabe der Therapie.“

Unter den therapeutischen Versuchen nach dieser Richtung hin beansprucht die grösste Beachtung die Magnesiumsulfatnarkose nach Meltzer.

Bevor ich auf diese eingehe, mögen einige literarische Angaben über das Magnesium als Narkotikum vorangehen.

I. Einleitende Angaben über die bisherige Literatur.

1. Magnesium als Narkotikum.[2])

Eine lähmende Wirkung der Mg-Salze ist wohl zuerst nachgewiesen von Jolyet[3]) und Laffont 1877 am Froschherzen. In neuerer Zeit ist diese von Mathews[4]) am Herzen und von Binet[5]), Meltzer und Auer[6]) und anderen am Nervensystem untersucht worden. Was Evertebraten anlangt, hat T. Tull-

---

[1]) Stadler, Die Magnesiumsulfatnarkose des Tetanus. Berliner Klinische Wochenschrift 1914, Heft 1 und 3.

[2]) Unter Benutzung von: Bethe, Die Bedeutung der Elektrolyten für die rythmischen Bewegungen der Medusen, Pflügers Archiv, Bd. **124,** 1908, Seite 541.

[3]) Jolyet, Compt. rend. soc. biol. 1906.

[4]) Mathews, Americ. Journ. of. physiol. vol. **19,** p. 5, 1907.

[5]) Binet, Recherches comparatives sur l'action physiol. des metaux alcalines. Rev. méd. de la Suisse Romande 1892, p. 523, p. 593.

[6]) Meltzer and Auer, Physiolog. and pharmacol. Studies of Magnesium salts. — I. General Anaesthesia by subcutaneous injections. Reprinted from the Americ. Journal of Physiol. vol. **14,** Okt. 2., 1905, p. 366.

berg[1]) zum Zweck der Konservierung dieser Tiere im ausgestreckten Zustande die Behandlung mit Magnesiumsulfat oder Magnesiumchlorid schon vor 24 Jahren eingeführt; diese Behandlung ist eben eine sehr ausgesprochene Narkotisierung oder Curarisierung durch die beiden Magnesiumsalze. Später haben Redenbaugh[2]) und mehrere andere Autoren Notizen über diese Methode veröffentlicht. Lee und Paul Mayer[3]) bezeichnen mit Unrecht, wie Oestergren[4]) hervorhebt, Redenbaugh als den Erfinder der Betäubung mit Magnesiumsulfat. Andere Versuche an niederen Tieren, hauptsächlich an Medusen und Seeigeleiern, sind angestellt von Herbst, A. G. Maier[5]), A. Bethe, Loeb[6]). Die Untersuchungen ergaben alle eine lähmende Wirkung der Mg-Salze; Loeb[6]) hat sich zusammenfassend dahin ausgesprochen, dass das Magnesiumion die Erregung der Nerven und Muskeln hemmt. Oestergren betont übrigens, dass doch einzelne Evertebraten gegen Magnesiumlähmung ganz refraktär sind.

Im Gegensatz zu den anderen Forschern sind die Versuchsreihen von Meltzer und Auer, begonnen 1899, mit höheren Wirbeltieren angestellt; mehrere Beobachtungen sind auch am Affen oder Menschen bestätigt. Nach einem Referat Meltzers[7]) war der Ausgangspunkt seiner Untersuchungen, in denen er alle Applikationsarten des Magnesiumsulfates anwandte, eine Hypothese, nämlich die Theorie der biologischen Hemmung, in der er die Ansicht verficht, „dass ein Lebensphänomen nicht einfach die Folge eines einzigen Faktors, der Exitation, ist; sondern alle Erscheinungen sind die Ergebnisse eines Kompromisses zwischen den beiden antagonistischen Lebensfaktoren, den fundamentalen Lebenskräften, der Exitation und der Hemmung.“ Zusammenfassend spricht er über seine Versuche an einer andern Stelle[8]):

---

[1]) Tullberg, Verhandl. d. Biol. Vereins in Stockholm, Bd. **4**, 1891, p. 4.

[2]) Redenbaugh, Americ. Naturalist, vol. **29**, 1895, p. 399.

[3]) Lee u. P. Mayer, Grundzüge der mikroskop. Technik. Zweite Aufl. (Berlin 1901), p. 15.

[4]) Hjalmar Oestergren, Ztschr. f. wissensch. Mikroskopie, Bd. **19**, 1902, p. 300.

[5]) Mayer, Carnegie Institution publications 1906, p. 77 und 1908, p. 102.

[6]) Loeb, Ueber physiol. Ionenwirkung. Handbuch für Biochemie II, p. 104.

[7]) Meltzer, Die hemmenden und anästhetischen Eigenschaften der Magnesiumsalze. Berl. Klin. Wochenschr. 1906, Nr. 3.

[8]) Meltzer, Einiges zur Physiologie und Pharmakologie des Mg und Ca. Deutsche Medizinische Wochenschrift 1909, Nr. 45.

„Unsere Versuchsreihen lassen sich ungefähr in 4 Gruppen einteilen. Zur ersten Gruppe gehören jene Versuche, in denen die Magnesiumsalze die Muskeln und das Nervensystem durch die Zirkulation erreichen. In der zweiten Gruppe wurden Lösungen von Magnesiumsalzen mit verschiedenen Teilen des Zentralnervensystems in direkte Berührung gebracht. In der dritten Gruppe wurde die Salzlösung in die Nervenstämme direkt appliziert. In der vierten Gruppe wurden Nervenmuskelpräparate mit Magnesiumsalzen perfundiert.“ Nach Darstellung der Hauptergebnisse seiner Untersuchungen kommt er zu dem Schluss, „dass Magnesiumsalze bei Wirbeltieren eine tiefe Hemmung oder Depression hervorzubringen imstande sind, eine Depression, von der die sensible, sensorische und motorische Sphäre gleich stark betroffen werden.“

Zu derselben Zeit hatte H. Tucker[1]) die Idee, Lösungen von Magnesiumsulfat äusserlich zur Lokalanästhesie zu Hülfe zu nehmen. Nach dem Berichte Wikis[2]) wurden Kranke, die an Epididymitis und an Ophthalmoblennorrhoe litten, mit Kompressen behandelt, die mit einer Lösung von Magnesiumsulfat getränkt waren. Unter deren Einfluss verschwanden die Schmerzen schnell. Wiki machte daraufhin zur lokalen Anästhesie als erster intrakutane Injektionen. Er sagte darüber wörtlich: „Wenn man beim Meerschwein die Haut in der Nähe des Rückgrates einritzt, sieht man wie Reflexbewegungen des Muskels erzeugt werden, die plötzliche Kontraktion verursachen und die Haut in der Richtung vom Kopf zum Schwanz verschieben. Jede intrakutane Einspritzung, welche die Feinfühligkeit der Hautnervenenden verringert, muss die Reflexbewegung des Muskels verringern.“ Ein Tropfen einer 15- bis 25%igen Lösung von Magnesiumsulfat ergab nun in der Tat eine totale örtliche Unempfindlichkeit für eine halbe Stunde, und die Stelle blieb noch eine halbe Stunde nachher hypästhetisch.

Die günstigen Eigenschaften der Lumbalanästhesie durch Magnesiumsulfat und zumal deren leichte Aufhebbarkeit durch Auswaschen des Lumbalsackes mit physiologischer Kochsalzlösung veranlassten Meltzer, diese Anästhesie als Heilmittel

---

[1]) Tucker, The local use of magnesium sulphate solution in inflammation. The therapeutic Gazette vom 15. 4. 1907, p. 238.

[2]) Wiki, Sur l'action anaesthésiante locale du sulfate de magnesium. Archives internationales de Pharmakodyn. et de Thérapie, vol. **21**, 1911.

beim Tetanus zu versuchen. Die ersten Versuche an Affen ergaben, dass bei behandelten Tieren der Tod ein bis zwei Tage später auftrat als bei den Kontrolltieren und, dass der Ausbruch des Tetanus durch vorherige intralumbale Magnesiumsulfatinjektion verzögert wurde. Auf Meltzers Empfehlung hin ist die Methode in einer grösseren Zahl von Fällen beim Tetanus des Menschen anfangs von englischen und amerikanischen Aerzten versucht worden. In Europa wurde besonders Kocher[1]) ein Verfechter der Magnesiumlumbalanästhesie als Heilmittel bei Tetanus; sein Assistent Pettavel hat sie zum ersten Male im Felde während des türkisch-bulgarischen Krieges mit Erfolg angewandt. Die Lösung hierzu, von Meltzer angegeben, enthält 25 % Magnesium sulfuricum crystallisatum und soll in einer Menge von 1,2 ccm pro kg Körpergewicht den tetanuskranken Patienten nach vorherigem Ablassen von mindestens ebensoviel Liquor intralumbal injiziert werden. Nach der Statistik Stadlers[2]) resultiert bei dieser Anwendung eine Mortalität von 33 %. Stadler sagt wörtlich:

„Die umstehende Tabelle I zeigt das Absinken der Mortalität seit Einführen der Serumbehandlung und ein weiteres erhebliches Zurückgehen der Todesfälle unter der symptomatischen Behandlung mit Phenol oder $MgSO_4$. Die Heilerfolge der Phenolbehandlung stehen vielleicht der subkutanen Behandlung mittelst $MgSO_4$ nach. Ein Vorzug der $MgSO_4$-Behandlung ist die prompte Schmerzlinderung, die sie dem Patienten bringt."

Nach einer weiteren Zusammenstellung Stadlers, die Tabelle II wiedergibt, liegt es auf der Hand, dass subkutane Injektionen von Magnesiumsulfat, statt der intralumbalen, zuerst von amerikanischen Aerzten bei Tetanus angewandt, als ein Fortschritt zu betrachten sind, denn sie ermöglichen einen überaus günstigen Ausgang mit 0 % Mortalität. Diese vergleichende Statistik zeigt weiter deutlich die günstigen Eigenschaften der subkutanen Magnesiumsulfatbehandlung auch gegenüber allen andern bisherigen Behandlungsmethoden des Wundstarrkrampfes.

---

[1]) Kocher, Behandlung schwerer Tetanusfälle. Schweizer. Aerztl. Korr.-Blatt September 1912 und 1913, Nr. 4. Deutsche Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 35, 46, 48.

[2]) Stadler, l. c.

Tabelle I.

Vergleichende Statistik der Tetanus-Mortalität bei verschiedenen Behandlungsmethoden.

Inkubations-zeiten	ohne Serum:	mit Serum:	mit Phenol:	$MgSO_4$ intralumbal:	$MgSO_4$ subkutan:
1—10 Tage	Kentzler 76% Richter 95%	Kentzler 52% Jacobsen u. Pease 84%	Stadler aus Statist. Imperial 28%	Stadler 42%	Stadler 0%
Summe	220 Fälle	258 Fälle	54 Fälle	26 Fälle	4 Fälle
mittlere Mortalität	86%	67%	28%	42%	0%
Ueber 10 Tage	Kentzler 44% Richter 70%	Kentzler 32% Jacobsen u. Pease 43%	Stadler aus Statist. Imper. 6,4%	Stadler 9%	Stadler 0%
Summe	166 Fälle	186 Fälle	47 Fälle	11 Fälle	3 Fälle
mittlere Mortalität	59%	36%	6,4%	9%	0%
Zusammen	Kentzler 60% Richter 85%	Kentzler 42% Jacobsen u. Pease 70%	Stadler aus Statist. Imper. 18%	Stadler 33%	Stadler 0%
Summe	386 Fälle	444 Fälle	101 Fälle	37 Fälle	7 Fälle
mittlere Mortalität	74%	54%	18%	33%	0%

Diese Subkutanmagnesiumsulfatinjektionen sind weiter zunächst nach einem Berichte Falcks[1]) in 3 Fällen von diesem selbst und in einem Fall von Mielke erprobt worden. Auch alle diese Fälle sind genesen. Die Tagesdosis schwankte je nach dem Krankheitsbild zwischen 0,55 bis 4,0 g Magnesiumsulfat. Bei dem 5½jährigen Kinde Mielkes[1]) mit allgemeinem Wundtetanus wurden 3 Injektionen pro Tag gemacht und jedesmal 3 g Magnesiumsulfat gegeben, es ergab sich eine Tagesdosis von 0,5 bis 0,7 g Magnesiumsulfat pro kg Körpergewicht. Die Bedeutung der unterschiedlichen Wirkung der symptomatischen Magnesiumbehandlung gegenüber der Serumbehandlung fasst Falck in die Worte zusammen: „Gerade bei der Behandlung des Tetanus

[1]) Falck, Zur Behandlung des Tetanus mit subkutanen Magnesiuminjektionen. Deutsche Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 35.

[1]) Mielke, Therapeutische Monatshefte 1914, Nr. 4; cit. nach Falck.

Tabelle II.

Statistik der mit $MgSO_4$ subkutan behandelten Tetanusfälle.

No.	Autor	Publikation in:	Alter des Pat.	Inkubationszeit Tage	Krankheitsgrad	Dosierung des $MgSO_4$	Uebrige Therapie	Erfolg	Klinische Bemerkungen
1	Grenly	Journal of the americ. med. assoc. Chicago 1907, p 345	2	10	+	2 × 7,5 g	Antitoxin	geheilt	—
2	"	"	45	28	+	3 × 3,5 g	—	"	—
3	Lyon	dasselbe Journal 1908, p. 1688	7	8	++	5 × 7,5 g	—	"	$MgSO_4$-Therapie am 4. Krankheitstage eingeleitet.
4	Paterson	Lancet, 1910, Vol. 1, p. 922	21	14?	++	4 stündl. 10—20 ccm 10 %iger Lösung 6 Tage lang. Beginn am 8. Krankheitstage	—	"	Schwerer Fall mit allgemeiner Muskelstörung, heftigen Anfällen alle 2—3 Stunden und starker Cyanose. Wirkung der Injektion rasch eintretend, aber sehr schmerzhaft.
5	Parker	dasselbe Journal wie bei 1, 1912, Vol. 58, p. 1746	11	7	++	2 stündl. 28 ccm 25 %iger Lösung bis Aufhören der Krämpfe, dann 1 mal täglich 8 Tage hindurch	1500 A.-E.	"	Wirkung 1/2 Stunde nach 1. Injektion schon merklich; keine Nebenwirkung auf Herz und Atemzentrum.
6	"	"	20	?	++	14 ccm 25 %iger Lösung, 7 Tage 2—4 Injektionen täglich	1500 A.-E.	"	Schwerer Fall mit hochgradigen Spasmen und starker Cyanose. 1/2 Stunde nach 1. Injektion Erschlaffung von Armen und Beinen; Bronchorrhöe als Nebenwirkung, durch Atropin beseitigt.
7	"	"	44	10	++	35 ccm 25 %iger Lösung am 1., 2. und 3. Tage	3000 A.-E.	"	—

neonatorum, bei dem so schwere Fälle wie unsere auch nach Seruminjektionen bei den früheren Behandlungsmethoden durchweg zugrunde gegangen sind, zeigte sich der Wert dieser symptomatischen Methode. Es dürfte vor allem wertvoll sein, dass nach den Injektionen eine prompte Schmerzlinderung eintrat.“ Zu demselben Resultat kommt wenige Monate später Kocher, der erst anführt, dass Hotz in Freiburg 2 Fälle durch subkutan injiziertes Magnesiumsulfat, ein bis zweimal täglich, in 5 Tagen heilte und dann wörtlich fortfährt: „Bei Kindern halte ich schon jetzt die subkutane Magnesiumsulfatbehandlung des Tetanus neonatorum — dreimal pro die 0,7 bis 1,0 ccm der 25 %igen Lösung bei Neugeborenen, dreimal pro die 3,0 ccm bei 5jährigen Kindern — für das allein richtige Verfahren.“ Nach ausführlicher klinischer Berichterstattung zweier mit Magnesiumsulfat intralumbal behandelter Patienten kommt Stadler zu dem Schluss: „Es wäre zu begrüssen, wenn die subkutane Magnesiumsulfatinjektion die intralumbale ersetzen könnte.“ Die zahlreichen Schwierigkeiten und Zufälle, die jederzeit gegenwärtige ärztliche Hilfe notwendig machen, sowie die technische Schwierigkeit der intralumbalen Injektion bei Opisthotonus bestimmten ihn zu diesem Wunsche. Ferner ist nach seiner Meinung die Gefährlichkeit der Subkutanbehandlung geringer als die der Lumbalbehandlung. Endlich wirke bei subkutaner Injektion das Magnesiumion noch durch eine Komponente antitetanisch, die bei intralumbaler Wirkung nicht zur Geltung kommt, nämlich durch die „kurareähnliche Lähmung der motorischen Endplatten“, auf die ich unten noch zu sprechen komme. Er sieht 30—40 %ige Lösungen als geeignetste an und hält 5 g des Salzes als Einzeldosis und 10 bis höchstens 25 g als Tagesdosis für die erfolgreichste Dosierung.

Schon bevor die Methode der subkutanen Injektion von Magnesiumsulfat in Deutschland erprobt war, wies Stadler darauf hin, dass sie „für die Kriegschirurgie von ausserordentlichem Wert“ werden dürfte, zumal sie sich „im Feld unter allen Umständen durchführen lasse“.

Falck versäumte nicht, in seiner Arbeit zu bemerken: „Erst recht dürfte die subkutane Methode im Lazarett verwendbar sein.“

Diese Anregungen sind auf fruchtbaren Boden gefallen, denn im Verlaufe des Jahres 1914 ist die subkutane Methode der Behandlung des Tetanus mit Magnesiumsulfat in den Vordergrund

getreten. Das Kriegschirurgische Merkblatt, von Klapp in Berlin herausgegeben, empfahl dringend die Methode der Subkutanbehandlung mit dem Hinweis, dass 80 % der Tetanuskranken dadurch gerettet würden. Die Dosierung war allerdings bei den verschiedenen Autoren zunächst eine ganz verschiedene.

Eine ähnliche Dosierung wie Stadler empfehlen Dreyfus und Unger[1]), die von den grossen Dosen, d. h. von solchen über 20 g, bald abgekommen sind, da bedrohliche Erscheinungen von seiten des Herzens und der Atmung beobachtet wurden. Sie fahren wörtlich fort: „Zudem erreicht man mit kleinen Dosen von 5,0 g (in 25 %iger Lösung ein bis dreimal täglich) ein wesentliches Zurückgehen der Krämpfe und die so sehr gewünschte Allgemeinberuhigung.“ Uebrigens beschränken sich die Genannten nicht darauf, sondern geben sofort bei Beginn der Behandlung auch noch 400 bis 600 Antitoxineinheiten. Dr. Dreyfus[2]) sagt in einer ebenfalls hierher gehörigen Arbeit: „Die intradurale Magnesiumsulfattherapie ist wegen der Möglichkeit der Atemlähmung äusserst gefährlich. Sie sollte nur dann in Anwendung kommen, wenn man dieser Gefahr entweder durch die sofortige Tracheotomie begegnen kann, oder aber wenn der Zustand an sich die Darreichung eines so gefährlichen Mittels rechtfertigt. Die subkutane Anwendung von Magnesiumsulfat scheint dagegen recht günstig zu wirken und geringere Gefahren mit sich zu bringen. Wegen der offensichtlichen Wirkung auf das Kreislaufsystem sei man aber in den Gesamtdosen vorsichtig und gebe Magnesiumsulfat nur, wenn eine strenge Indikation hierfür durch heftige Krämpfe oder erhebliche tonische Starre mit schwerem Trismus bedingt ist. Wenn, wie jetzt in Kriegszeiten, kein Antitoxin zur Verfügung steht, sollte man die Behandlung mit Narkoticis und Karbolsäureinjektion einleiten und dann zur Magnesiumsulfattherapie übergehen, wenn diese auf Grund der oben angeführten Momente indiziert ist und eine Gesamterschlaffung der Muskulatur notwendig erscheint.“

---

[1]) Dreyfus und Unger, Die kombinierte Antitoxinüberschwemmungs- und Narkosetherapie des Tetanus. Münchener Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 51.

[2]) Dreyfus, Die Behandlung des Tetanus. Therapeutische Monatshefte Jg. **28**, 11. 1914.

Eine andere Dosierung empfiehlt Hochhaus[1]. Er gibt auf mindestens vier Dosen verteilt 60 bis 80 ccm der 40 %igen Lösung pro die und erzielt einen Effekt von 6 Stunden Dauer. Siemon[2] dagegen hatte Erfolg von 3 Dosen zu je 10 ccm der 25 %igen Lösung; wenn die Krämpfe nachlassen, gibt er täglich nur die halbe Menge der angegebenen. Wienert[3] gab mit bestem Erfolg 40 %iges Magnesiumsulfat in Mengen von 10 ccm zugleich mit heissen Bädern und sagt am Schluss: „Mit dieser Methode wurde es erreicht, dass mehr als 50 % zur Heilung kamen, während nach einer kürzlichen Mitteilung des Generalarztes Dr. Stricker im Jahre 1870 noch nicht 10 % gerettet wurden."

Für wiederholte kleine Gaben, in kurzen Zwischenräumen gegeben, tritt Usener[4] ein. Die ungenügende Wirkung kleiner Gaben im schweren Stadium bestimmte ihn, solche wiederholte kleine Gaben im Intervall von 2 bis 2½ Stunden zu applizieren. Er fährt wörtlich fort: „Den erreichten Effekt konnten wir nach etwa 4 bis 5 Dosen im 2stündlichen Intervall durch 2 bis 3 weitere gleiche Dosen im 3 bis 4stündlichen Intervall über Nacht auf derselben Höhe erhalten. Es gelang bei dieser Anwendungsart unter dem das Leben bedrohenden Zustand der Schluck- und Atemspasmen mit 6 bis 8 Dosen am Tag — d. h. 30 bis 40 g, entsprechend 1,2 bis 1,6 g pro kg Gewicht pro die — Schlucken und Atmung im Laufe des Vormittags erträglich zu gestalten, Lebensgefahr im Anfall abzuhalten, die Ernährung zu erleichtern und die Zahl der Anfälle von 33 — darunter 9 schwere — auf 14 — darunter einen schweren — herabzudrücken." Er hält als Einzeldosis 0,15 g bis 0,18 g bis 0,2 g für die geeignetste und hält dann Magnesiumsulfat subkutan für berufen zur Bekämpfung der Schluck- und Atemspasmen, zur Ueberwindung der Konsumptionsgefahr, der Asphyxie und zur Herabsetzung der Zahl und Intensität der Anfälle. Für die Anwendungsmethode empfiehlt er, dass mit einer

---

[1]) Hochhaus, Erfahrungen über die Behandlung des Tetanus. Münchener Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 46.

[2]) Siemon, Kurze Mitteilung über Wundstarrkrampffälle und ihrer Behandlung im Reservelazarett Münster, Westfalen. Münchener Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 48.

[3]) Wienert, Zur Therapie des Tetanus. Deutsche Medizinische Wochenschrift 1915, Nr. 4.

[4]) Usener, Indikation für subkutane Magnesiumbehandlung des Tetanus traumaticus. Münchener Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 48.

mit Kochsalzlösung beschickten Kanüle auf die Fascie eingegangen wird, nach Probeinjektion die Spritze gewechselt, Magnesiumsulfat eingespritzt und endlich unter Nachspritzen mit Kochsalzlösung aus der ersten Spritze zurückgezogen wird. Diese Anwendungsmethode bevorzugt auch Reingruber[1]), der die oben angegebene Statistik Stadlers erwähnt und den 7 Fällen dieses Autors noch einen 8ten von Mielke und einen 9ten eigenen hinzufügt. Hierbei gab er im Laufe von 10 Stunden einem Knaben im Gewicht von 23 kg 40 ccm der 25 %igen Lösung. Nach seiner Angabe hat die Methode Erfolg bei mittelschweren und schweren protrahierten Fällen.

2. Ueber das Wesen der Magnesiumsulfatnarkose.

Hierüber wird zuerst berichtet von Jolyet und Cahours[2]), die der Ansicht sind, dass die Magnesiumlähmung eine curareartige sei. Auch Wiki[3]) nimmt an, dass der ganze Effekt vom Magnesium in einer „curareartigen Wirkung" besteht; die Zentralorgane wären demnach in keiner Weise affiziert. Nachgewiesen wird ebenfalls von Mathews und Clyde Brooks[4]) eine curareähnliche Lähmung der motorischen Endplatten, der auch bis jetzt kein Autor widersprochen hat. Auch Meltzer stimmt mit ihnen überein, dass Magnesium die motorischen Nervenendigungen lähmt, fährt aber wörtlich fort: „Wir verfügen über eine grosse Zahl von Tatsachen, die beweisen, dass Magnesium neben dieser curareartigen Wirkung eine tiefzentrale Wirkung ausübt." Er führt dann die Tatsache an, dass bei einer Magnesiumsulfatnarkose Bewusstsein, Schmerzgefühl vollkommen geschwunden sind, nicht aber die Bewegungen, die sich von Zeit zu Zeit geltend machten. „Hier war", so fährt er fort, „eine unzweifelhafte zentrale Wirkung des Magnesiumsalzes, die von keiner erkennbaren curareartigen Wirkung begleitet war, vorhanden."

---

[1]) Reingruber, Mg-Therapie zur Behandlung des Tetanus. Therapeutische Monatshefte Jg. **29**, 1915, März.

[2]) Jolyet et Cahours sur l'action physiol. des sulfates de potasse, de soude et de magnesium. Arch. de physiol. 1869, p. 113.

[3]) Wiki, siehe oben das Citat auf S. 246 und Journ. de Physiol. normal et patholog. 1906. T. 8, p. 794.

[4]) Mathews and Clyde Brooks, Journ. of Pharmacol. John Hopkins Univ. 1910.

Zu einem andern Resultat kommt Straub[1]). Er folgert aus seinen Versuchen, dass das Magnesium genau so wie Curare wirkt und die Magnesiumnarkose nur von einer Lähmung der motorischen Nervenenden der Skelettmuskulatur bedingt ist, „mithin gar keine Narkose ist.“ Die Erfahrung, dass mit wachsender Magnesiumwirkung bei Kaninchen und Katze die elektrische Reizbarkeit am freigelegten Nervus ischiadicus abnimmt, bestimmt ihn zu dieser Annahme. Auch führt Straub an, dass nach den Untersuchungen von Mansfeld das zentrale Nervensystem von Tieren, die an überschüssigen Magnesiumdosen zugrunde gingen, nicht mehr Magnesium enthält, als in der Norm. Mansfeld[2]) vermutet nämlich, dass die Magnesiumsalze narkotisch wirken, ohne in die Zellen einzudringen. Der Angriffspunkt könnte in der Plasmahaut gelegen sein, an der sie reversible Veränderungen schafft, die eine Hemmung der Zelltätigkeit, die Narkose, zur Folge hat. Bei Versuchen über die Reizbarkeit des Nervus ischiadicus findet Mansfeld[3]), dass nach eingetretener Narkose die Erregbarkeit des Nervus ischiadicus bald wieder ansteigt, „sie erreicht bald denselben, manchmal sogar etwas höheren Wert, als vor der Magnesiuminjektion, zu einer Zeit, als das Tier immer noch in einem sehr augenfälligen narkotischen Zustand verharrte. Durch diese Versuche wurde ich also zu dem Schluss gezwungen, dass das Magnesium, ohne im Gehirn gespeichert zu werden, eine Narkose des zentralen Nervensystems herbeiführt.“

Durch die Beobachtung der Wirkung des Magnesiums am Menschen, die, wie schon berichtet, Meltzer als eine ausgesprochene narkotische bezeichnete, glaubte Mansfeld die narkotische Wirkung des Magnesiums im Gegensatz zu Straubs Versuchen behaupten zu dürfen. Er sah auch Patienten nach intramuskulärer Injektion von 25 %iger Magnesiumsulfatlösung in einen alkoholartigen Rausch verfallen, währenddessen die Schmerzempfindung fast völlig erloschen war. Rüttelte man sie, so sprachen sie unverständliche Dinge. Diese Zentralwirkung zeigte sich bei

---

[1]) Straub, Experimentelle Untersuchungen über Wesen und Aussicht der Tetanus-Therapie mit $MgSO_4$. Münch. Med. Wochenschr. 1915, Nr. 1.

[2]) Mansfeld und Bosángi, Pflügers Archiv 1913. Bd. **152**, p. 75. Untersuchungen über das Wesen der $MgSO_4$-Narkose.

[3]) Mansfeld, Exper. Unters. über Wesen und Aussicht der Tet.-Therapie mit $MgSO_4$. Bemerkungen zu obigem Aufsatz W. Straubs. Münchener Med. Wochenschr. 1915, Nr. 6.

den meisten meiner Versuche ebenfalls. Die Tiere machten wiederholt spontane Bewegungen während der Narkose. Auf einem anderen Wege kommt Starkenstein[1]) ebenfalls zu dem Schluss, dass alle Teile des Nervensystems durch die Mg-Ionen in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt werden, so dass es nicht möglich ist, die Mg-Narkose als eine nur zentrale oder nur periphere Lähmung zu deuten. Nach Bericht über seine Versuche sagt er in der Zusammenfassung folgendes: „Kampfer beeinflusst die Paraldehyd- und Chloralnarkose antagonistisch, lässt aber die Magnesiumnarkose unbeeinflusst. Physostigmin ist imstande, durch Curare und durch Magnesium gelähmte Kaninchen zu erwecken, nicht aber durch Paraldehyd und Chloralhydrat narkotisierte. Physostigmin ruft bei Kaninchen, die durch Curare gelähmt sind, ebenso bei normalen Muskelschwirren hervor, nicht aber bei solchen, die durch Magnesium gelähmt sind und ebenso nicht, oder nur schwach bei den durch Paraldehyd oder Chloralhydrat narkotisierten. Phenol ruft in kleinen Dosen ebenso wie bei normalen Kaninchen bei curarisierten Muskelschwirren und Zittern hervor, nicht aber bei den durch Magnesium gelähmten oder durch Paraldehyd narkotisierten; unterwirksame Dosen von Curare und Aether kombinieren sich ebenso wie unterwirksame Dosen von Magnesium und Aether und erzeugen komplette Narkose.“ Er schliesst mit der Feststellung, dass bei vorwiegend peripher lähmenden Substanzen wahrscheinlich immer auch eine Zentrallähmung in Betracht käme und umgekehrt.

II. Blutversuche mit Magnesiumsulfat und Magnesiumglycerophosphat.

Bei den grossen Mengen, die zur Injektion an Kranken benutzt werden, musste es wünschenswert erscheinen, statt des Sulfates ein weniger lokalreizendes Mg-Salz zu verwenden. Dazu schien das Glycerophosphat a priori recht geeignet. Meine eigenen Versuche hatten den Zweck dieses mit dem Sulfat zu vergleichen.

Die Lösungen, die zur Verfügung standen, wurden uns von der Firma E. Merck-Darmstadt sterilisiert in zugeschmolzenen Ampullen geliefert und kommen in dieser Form in den Handel. Der Mg-Gehalt beider Salze differiert nach Mitteilungen der

---

[1]) Starkenstein, Untersuchungen über die Mg-Narkose. Zentralblatt für Physiologie, Bd. **28**, 1914, Heft 2.

Firma nur um ein geringes, er beträgt bei dem Magnesiumsulfat 9,8 % Mg, bei dem Magnesiumglycerophosphat 10 %.

Es handelte sich zunächst darum, festzustellen, ob eine mit blossem Auge sichtbare Wirkung auf das Blut ausgeübt wird. Daher wurde Menschenblut und Hammelblut in 4 %iger Aufschwemmung der Wirkung der Salze überlassen. Die Anordnung wurde so getroffen, dass jedesmal 5 Reagensgläser zur Aufstellung kamen; alle waren mit je 5 ccm einer 4 %igen Aufschwemmung der betreffenden Blutkörperchen in physiologischer Kochsalzlösung beschickt. Nun wurde der Reihe nach hinzugefügt: in das erste Röhrchen 5 ccm Kochsalzlösung, in das zweite 3 ccm der 5 %igen Mg-Salzlösung (150 mg) + 2 ccm Kochsalzlösung, in das dritte 2 ccm der 5 %igen Mg-Salzlösung (100 mg) + 3 ccm Kochsalzlösung, in das vierte 1 ccm der 5 %igen Mg-Salzlösung (50 mg) + 4 ccm Kochsalzlösung; das fünfte Röhrchen diente als zweite Kontrolle und wurde ebenfalls wie das erste beschickt.

Versuch 1.

Menschenblut gewonnen aus Plazenten, in 4 %iger Aufschwemmung + Magnesiumsulfat.

a) 5 ccm Blut + 5 ccm physiologische Kochsalzlösung als 1. Kontrolle.
b) 5 ccm Blut + 2 ccm physiologische Kochsalzlösung + 3 ccm der 5 %igen $MgSO_4$-Lösung.
c) 5 ccm Blut + 3 ccm physiologische Kochsalzlösung + 2 ccm der 5 %igen $MgSO_4$-Lösung.
d) 5 ccm Blut + 4 ccm physiologische Kochsalzlösung + 1 ccm der 5 %igen $MgSO_4$-Lösung.
e) 5 ccm Blut + 5 ccm physiologische Kochsalzlösung als 2. Kontrolle.

Ergebnis: Nach 24 Stunden ist nur entsprechend der Dosis des Salzes das Volumen des die Blutkörperchen einschliessenden Niederschlages eher etwas vermehrt als vermindert. Hämolyse oder Methämoglobinbildung ist nirgends eingetreten.

Versuch 2.

Hammelblut verwandt als 4 %ige Aufschwemmung der Körperchen. Sulfatmengen wie bei Versuch 1.

Ergebnis: Das gleiche wie bei Versuch 1.

Versuch 3.

Menschenblut mit Magnesiumglycerophosphat. Analoges Verfahren mit gleichem Resultat.

Versuch 4.

Hammelblut mit Magnesiumglycerophosphat.
Gleiches Verfahren wie in Versuch 3 mit gleichem Resultat.

Versuch 5.

Menschenblut mit Natriumglycerophosphat.
Dosen wie bei Versuch 1.

Ergebnis: Nach 24 Stunden ist das Volumen der Blutkörper in allen Röhrchen das Gleiche. Keine Veränderung des Farbstoffes.

Das Ergebnis von Versuch 6, der mit Hammelblut und Natriumglycerophosphat angestellt wurde, war dasselbe wie in Versuch 5, d. h. das Volumen des Blutkörperchenniederschlags war überall gleich; die Farbe des Niederschlages überall gleich rot. Die darüber stehende Flüssigkeit wie in allen Versuchen farblos.

Gesamtergebnis: Die drei Salze, das Magnesiumglycerophosphat, das Magnesiumsulfat und das Natriumglycerophosphat wirken in Mengen, die weit grösser sind, als sie im lebenden Organismus im Blute bei therapeutischer Verwendung vorhanden sein dürften, auf die Blutkörperchen des Menschen und des Hammels nicht lösend, aber auch nicht schrumpfungerregend ein. Das Volumen der Körperchen wird durch die beiden Magnesiumsalze eher etwas vergrössert als verkleinert. Eine Methämoglobinbildung findet nicht statt. Von Seiten des Blutes sind also beim Gebrauch der beiden Magnesiumsalze keine erheblichen Störungen zu erwarten.

III. Versuche an nicht tetanuskranken Tieren.

1. Versuche an Fröschen.

1. Landfrösche (Temporarien), Männchen, wurden zunächst als Versuchstiere gewählt, um die narkotische Dose der beiden Magnesiumsalze festzustellen. Im Gegensatz zu späteren Versuchen erhielten diese Tiere kein Strychnin.

Nach den Versuchen nach Meltzer und Auer[1]) rufen Dosen von 1,5 bis 2 g Magnesiumsulfat pro kg Frosch vollständige

[1]) Meltzer und Auer, Physiological and Pharmacological Studies of Mg-Salts. — I. General anaesthesia by subcutaneous injections. l. c.

Immobilisierung des Tieres hervor mit folgender Erholung, während eine willkürlich gewählte Dose von 8,3 g Magnesiumsulfat pro kg Tiere den Tod in der Narkose zur Folge hatte. Bei allen Versuchen der genannten betrug das Gewicht der Frösche 24 bis 37 g. Versuche mit Magnesiumglycerophosphat lagen bisher nicht vor in der Literatur.

Bei meinen Versuchen wurde die 5 %ige Lösung Fröschen in den Rückenlymphsack gespritzt, worauf nach 20 Minuten die Narkose eingetreten war, d. h. die Rückenlage wurde trotz leichten Kneifens ertragen; nach weiteren 10 Minuten war meist die Atmung nicht mehr wahrnehmbar. Die Herzfrequenz, die normal etwa 50 bis 60 betrug, sank auf den vierten Teil der normalen herab, um allmählich beim Schwinden der Narkose wieder anzusteigen. Nur bei Dosen über 1,5 g Magnesiumsulfat oder -glycerophosphat pro kg Frosch, von denen jeder 35—40 g wog, kam eine sehr tiefe Narkose zustande, während beide Salze in schwächeren Dosen einverleibt fast negativ oder nur für einige Stunden narkotisch wirkten.

Versuch 7.

10,05 Uhr 2 Temporarien von je 36 g erhalten je 1 ccm der 5 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung.
11,10 „ Frosch I: bleibt in Rückenlage auch bei leichtem Kneifen.
12,00 „ Frosch II: desgleichen. Herzschlag = 31—36 pro Minute.
2,15 „ Status idem. Atmung dauernd wahrnehmbar.
3,00 „ Beginnende Erholung.

Ergebnis: Die Dose von 1,35 g Magnesiumglycerophosphat pro kg Frosch, je 36 g wiegend, ist zu gering für tiefe Narkose.

Versuch 8.

12,20 Uhr Temporaria, Gewicht 30 g, erhält 0,9 ccm der 5 %igen Magnesiumsulfatlösung.
1,10 „ Narkose ist eingetreten.
3,40 „ Beginnende Erholung.

Ergebnis: Die Dose von 1,5 g Magnesiumsulfat pro kg Frosch von 30 g ergibt eine tiefe Narkose von $2^1/_2$ Stunden.

Versuch 9.

10,00 Uhr 2 Temporarien, je 36 g wiegend, erhalten je 2 ccm der 5 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung in den Rückenlymphsack.
10,20 „ Beide ertragen die Rückenlage bei leichten Reizen.
10,40 „ Frosch I: liegt wie tot. Atmung = 0. Herzschlag = 42. Frosch II: Atmung vorhanden, Herzschlag = 47.

11,20 Uhr Frosch I: Herzschlag = 36. Frosch II: Herzschlag = 42. Erregbarkeit durch auf die Haut des Rückenmarks aufgelegte Elektroden = 0 bei Frosch I; schwach bei Frosch II.
11,50 „ Frosch I: Herzschlag = 14; bei Frosch II: Herzschlag = 18, Tier liegt jetzt wie tot da.
2,15 „ Frosch I: Herzschlag = 12; bei Frosch II: desgleichen.
6,30 „ abends Frosch I: Herzschlag = 10; bei Frosch II: desgleichen.
9,40 „ morgens Bei Frosch I: Atmung wieder vorhanden. Herzschlag = 30; bei Frosch II: desgleichen. Reaktion für aufs Rückenmark aufgelegte Elektroden des Induktionsapparates schon bei grossem Rollenabstand in leichtem Masse auslösbar.
11,40 „ Frosch I: Herzschlag = 40, Tier erträgt Rückenlage. Frosch II: Herzschlag = 35, Tier macht spontane Bewegungen.
5,00 „ Frosch I: erträgt Rückenlage nicht mehr lange; Frosch II hat sich ganz erholt.
6,00 „ Frosch I hat sich auch erholt.

Ergebnis: Die Dosis von 2,78 g Magnesiumglycerophosphat pro kg Rana von je 36 g Gewicht genügt, um langdauernde, tiefe Narkose zu erzielen mit folgender Erholung.

Beide Salze differierten in mässigen Dosen, d. h. bis 3 g pro kg Rana angewandt, kaum und ergaben eine dauernde Narkose, die sich vergrösserte proportional der steigenden Dosis der Salze.

Ich fasse die Ergebnisse für beide Salze in folgende Tabelle zusammen:

Tabelle I.

Ranae temporariae von 30—40 g; Magnesiumsulfat und Magnesiumglycerophosphat.

1,35 g pro kg wirkt noch gar nicht.
1,43 „ „ „ wirkt noch gar nicht.
1,47 „ „ „ ergibt 3—4stündige Narkose.
1,5 „ „ „ ergibt 3—4stündige Narkose.
2,0 „ „ „ ergibt 14—16stündige Narkose.
2,78 „ „ „ ergibt 20—25stündige Narkose.

Temporarien im Gewichte von 50—60 g waren mit weit geringeren Dosen durch beide Salze zu narkotisieren; es differierten in starken Dosen beide Salze insofern, als die Dosis letalis bei Magnesiumsulfat weit höher lag als bei dem Magnesiumglycerophosphat.

Versuch 10.

12,20 Uhr Temporaria im Gewicht von 60 g erhält 0,9 ccm einer 5 $^0/_0$ igen Magnesiumglycerophosphatlösung.
1,25 „ Narkose ist eingetreten.
4,30 „ Status idem.
8,00 „ abends Status idem.
9,00 „ früh Erholung ist eingetreten.

Ergebnis: Die Dosis von **0,75** g Magnesiumglycerophosphat pro kg Rana von 60 g Gewicht genügt für lange, tiefe Narkose.

Grosse Frösche sind für das Glycerophosphat doppelt so empfindlich als kleine.

Bei Magnesiumsulfat wurde in dieser Dosis nicht solche starke Wirkung beobachtet, vielmehr war nach 4—5 Stunden die tiefe Narkose erledigt, starke Differenzen traten jedoch bei hohen Dosen auf, wie Tabelle II zeigt.

Tabelle II.

Ranae temporariae von 50—60 g; Magnesiumsulfat und Magnesiumglycerophosphat.

0,75 g pro kg wirkt narkotisch mit Erholung für beide Salze.
1,0 „ „ „ wirkt narkotisch mit Erholung für beide Salze.
3,33 „ „ „ wirkt narkotisch ohne Erholung bei Glycerophosphat, aber mit Erholung bei Magnesiumsulfat.
3,53 „ „ „ wirkt narkotisch ohne Erholung bei Glycerophosphat, aber mit Erholung bei Magnesiumsulfat.
4,0 „ „ „ wirkt wie 3,53 g.

2. Eine weitere Reihe von Versuchen bezog sich auf Frösche, deren Erregbarkeit durch kleine, noch nicht letale Dosen von Strychninum nitricum erhöht worden war. Darüber lagen bisher keine Versuche vor. Sie sind mit beiden Mg-Salzen von mir angestellt und führten bei der Magnesiumsulfatnarkose zu einem besseren Resultat, wie bei der Magnesiumglycerophosphatnarkose. Bei einem durch ganz geringe Strychnindosen hervorgerufenen Tetanus waren allerdings unterschiedliche Wirkungen beider Salze nicht zu konstatieren.

Versuch 11.

10,00 Uhr 4 Temporarien im Gewichte von 36—38 g erhalten je 0,5 ccm einer 0,05 $^0/_0$ igen Strychnin nitricum in den Rückenlymphsack. Da sogleich ein starker Tetanus eintritt, so erhält

10,10 Uhr Frosch I in kurzen Zwischenräumen 3 ccm einer 5 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung, Frosch II 3 ccm einer 5 %igen Magnesiumsulfatlösung in den Rückenlymphsack. Die starken Krämpfe verschwinden bald. Leichte Zuckungen treten an deren Stelle, während die beiden Kontrolltiere dauernd in starken Krämpfen liegen. Der Zustand hält an bis zum Nachmittag des nächsten Tages. Um

3,00 „ des nächsten Tages sind die mit Mg behandelten Tiere normal, während die Kontrolltiere in Krämpfen liegen; erst 24 Stunden später machen diese einen normalen Eindruck.

Ergebnis: Jedem der mit Mg-Salzen behandelten Tiere wurden insgesamt 3,95 g des Salzes pro kg Tier zugeführt. Diese machen also früher einen normalen Eindruck als die Kontrolltiere. Verschiedenheiten in der Wirkung der beiden Salze traten nicht auf.

Bei einigen Versuchen stellte es sich heraus, dass die dauernd mit grossen Magnesiumglycerophosphatdosen behandelten Frösche starben, während die Kontrolltiere den Strychnintetanus überwanden.

So starben Temporarien nach 4 Tagen, die auf einen durch je 0,6 ccm einer 0,1 %igen Strychninnitratlösung erzeugten Tetanus

1. am ersten Tage 2,63 g Magnesiumglycerophosphat pro kg,
2. am zweiten Tage 1,32 g Magnesiumglycerophosphat pro kg,
3. am dritten Tage 2,63 g Magnesiumglycerophosphat pro kg

erhalten hatten, während die Kontrolltiere nach 9 Tagen sich vom Tetanus erholten. Deutlich trat die günstigere Wirkung des Magnesiumsulfates hervor, wenn die Strychnindosis so hoch war, dass sämtliche Kontrolltiere an den Krämpfen zugrunde gingen, allerdings erst nach 3 Wochen: Durch mehrfach dargereichte Dosen von einer 0,1 %igen Strychninnitratlösung wurde der Tetanus dauernd auf der Höhe seiner Wirkung erhalten. Die mit Magnesiumsulfat behandelten Tiere erhielten anfangs täglich, späterhin alle 2 Tage, 1,5 ccm der 5 %igen Magnesiumsulfatlösung, verloren nach 19 Tagen die schweren Krämpfe und machten nach weiteren 10 Tagen einen durchaus normalen Eindruck. Die Kontrolltiere ohne Magnesium starben alle.

Genau in denselben Zeiträumen und mit denselben Dosen Strychnin vergiftete Temporarien, von denen ein Teil mit Magnesiumglycerophosphat in denselben Gewichtsdosen behandelt wurde, starben ohne Ausnahme vor den Kontrolltieren. Der Tod trat durchweg 14—16 Tage nach Beginn der Magnesiumglycerophosphatbehandlung ein.

Die Sektion zeigte in keinem Falle irgend eine anatomische Veränderung. Der jedesmal nach dem Versuch aus der Blase entnommene Harn zeigte keinerlei pathologische Bestandteile, namentlich keinen Zuckergehalt bei den Glycerophosphatfröschen.

Es ergab sich also, dass der Strychnintetanus bei Temporarien durch mehrere Wochen lang zugeführte starke Dosen von Magnesiumsulfat sich aufheben liess, während die Glycerophosphatfrösche unter den gleichen Gewichtsdosen zugrunde gingen.

Nebenbei wurde von mir beobachtet, dass bei Ranae esculentae, d. h. bei Wasserfröschen, der Strychnintetanus ohne Magnesia früher letal wirkte als bei den zufällig an Gewicht stets schwereren Temporarien. 0,5 ccm einer 0,05 %igen Strychninnitratlösung war bei ersteren schon eine Dosis letalis. Bei der Mg-Narkose ergaben sich keine bemerkenswerten Unterschiede der Dosierung des Strychnins. Eine Gewichtsabnahme in mässigem Grade wurde bei allen Versuchen an beiden Froscharten festgestellt.

2. Versuche an Meerschweinchen.

a) Die Magnesiumsulfatnarkose des Meerschweinchens.

Frühere Versuche über die Magnesiumnarkose bei Meerschweinchen liegen nur von Meltzer[1]) vor. Ich lasse seine zusammenfassende Bemerkung über seine Resultate folgen:

„Bei Meerschweinen rief die Dose von 1,8 g pro kg tiefe Anästhesie nach 15 Minuten hervor, aber auf diese Anästhesie folgte nach weiteren 15 Minuten stets der Tod. Eine Dose von 0,8 g pro kg wirkte nur etwas beruhigend auf die Tiere. Dosen zwischen 1,0 und 1,25 g pro kg riefen mehr oder weniger vollständige Anästhesie hervor, die dann in vollständige Erholung überging. Es soll jedoch nicht verschwiegen werden, dass individuelle Verschiedenheit der Empfindlichkeit vorkam. So wurde ein Meerschwein dreimal hintereinander durch Dosen von 1,1 g pro kg anästhesiert, während bei einem andern die Dosis von 1,2 g pro kg wirkungslos blieb. Der Eintritt der Anästhesie folgte nur langsam auf die Einspritzung, oft erst nach einer Stunde und dauerte nicht sehr lange. In allen Fällen, wo die Narkose rasch eintrat, folgte später der Tod. Diarrhöe trat nicht ein. Abscesse wurden auch nicht beobachtet.“

Meine eigene Nachprüfung dieser Versuche ergab, dass auch Dosen über 1,25 g Magnesiumsulfat pro kg zu vollständiger Erholung nach der Narkose führten, auch führte eine auf die Injektion bald eintretende Narkose nicht immer zum Tode.

[1]) Meltzer und Auer, l. c.

Versuch 12.

10,05 Uhr Meerschwein von 350 g Gewicht erhält 2 ccm der 25 %igen Magnesiumsulfatlösung subkutan am Rücken.
10,20 „ Das Tier liegt auf der Seite.
10,30 „ Das Tier reagiert nicht mehr. Atmung und Herzschlag nicht auffallend vermindert.
1,30 „ Status idem.
3,30 „ Herzschlag und Atmung abgeschwächt, aber nicht zu schwach.
6,00 „ Das Tier fängt an, sich zu bewegen.
6,30 „ Es versucht zu fressen.

Ergebnis: Die Dosis von **1,43** g Magnesiumsulfat pro kg Meerschwein ruft Narkose mit vollständiger Erholung hervor. Die Gewichtsabnahme betrug nur wenige Gramme.

In mehreren Fällen wurde als Minimaldose, die eine tiefe Narkose zur Folge hat, 1,05 g Magnesiumsulfat pro kg Tier festgestellt. So in

Versuch 13.

10,15 Uhr Meerschwein von 475 g Gewicht erhält 2 ccm der 25 %igen Magnesiumsulfatlösung subkutan am Rücken.
10,50 „ Das Tier liegt in tiefer Narkose.
11,50 „ Status idem.
1,00 „ Spontane Bewegungen des Tieres; es frisst aber noch nicht.
1,30 „ Es beginnt zu fressen, schwankt aber noch.

Ergebnis: Die Dosis von **1,05** g Magnesiumsulfat pro kg Meerschweinchen, wie immer auf kristallwasserhaltiges Salz berechnet, ruft für 2 Stunden tiefe Narkose hervor. Eine Gewichtsabnahme wurde hier nicht festgestellt.

Bei allen mit Magnesiumsulfat behandelten Tieren zeigte der während und nach den Versuchen aufgefangene Harn keinerlei pathologische Bestandteile mit Ausnahme von in Nadelform ausgeschiedenen Salzkristallen im Harn, die wohl aus Erdphosphaten bestanden.

Ich komme nun zu den Versuchen über die

b) Magnesiumglycerophosphatnarkose des Meerschweins.

Bei dem Versuche, die narkotisierenden Dosen des Sulfat-Salzes als Anhaltspunkte zu nehmen für die Magnesiumglycerophosphatnarkose, ergab sich das überraschende Resultat, dass die Tiere nach erfolgter Erholung manchmal 10 bis 20 Stunden nach Erlöschen der Narkose, manchmal bei scheinbar völligem Wohlsein, noch zugrunde

gingen. Unter 1 g Magnesiumglycerophosphat pro kg Tier wirkte noch narkotisch so z. B. die Dosen von **0,97—0,99** g, ausnahmsweise einmal sogar 0,87 g, jedoch mit dem gleichen letalen Endresultat. Geringere Mengen des Mg-Salzes wirkten weder narkotisierend noch tötend auf das Tier. Ich lasse zunächst einige Versuche folgen.

Versuch 14.

9,40 Uhr Ein Meerschweinchen von 403 g Gewicht erhält subkutan am Rücken 2,75 ccm einer 15 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung, d. h. 0,41 g.

10,20 „ Das Tier liegt in Narkose.

1,00 „ Status idem. Der Herzschlag sinkt bis auf 58.

6,00 „ Die Narkose ist im Abklingen; das Tier schwankt nur noch etwas auf den Beinen. In der Nacht stirbt es jedoch.

Sektion: An der Einstichstelle keine anatomischen Veränderungen. Der rechte untere Lungenlappen war stark infiltriert. Das Tier war schwanger mit 2 Embryonen, Harn war nicht gelassen. Der Liquor amnii zeigte keinerlei Reaktion.

Ergebnis: Die Dosis von **1,03** g Magnesiumglycerophosphat pro kg führte Narkose herbei von 7,5 Stunden, der nach anfänglicher Erholung der Tod folgte. Die Gewichtsabnahme während des Versuches betrug 30 g.

Versuch 15.

2,20 Uhr Meerschwein von 372 g erhält 6,5 ccm der 5 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan im Rücken.

3,10 „ Die Narkose ist eingetreten.

5,00 „ Status idem. Von Zeit zu Zeit eine spontane Bewegung, wie sie immer beobachtet wurde.

7,45 „ abends. Die tiefe Narkose ist behoben, das Tier beginnt sich zu erholen.

9,45 „ morgens. Nach 14 Stunden macht das Tier einen kranken Eindruck, ist wenig lebhaft und zeigt keinerlei Fresslust.

11,45 „ Status idem.

12,00 „ Das Tier stirbt unter leichten Zuckungen.

Sektion: Starke kapilläre Hämorrhagien an der Einstichstelle, sonst keine anatomischen Veränderungen irgendwo. Das 5 %ige Magnesiumglycerophosphat ist bis auf geringe Spuren resorbiert. Der Gewichtsverlust beträgt 35 g, der Harn reduzierte Fehlingsche Lösung. Die Gärungsprobe ergab 1,5 % Zucker.

Ergebnis: Die Dosis von **0,87** g Magnesiumglycerophosphat genügt, um eine tiefe Narkose zu erzielen. Das Tier erholte sich aus der Narkose, machte dann

einen kranken Eindruck und starb mindestens 16 Stunden nach Beendigung der Narkose unter den Erscheinungen des Diabetes.

Versuch 16.

10,10 Uhr Ein Meerschwein von 372 g Gewicht erhält 2 ccm einer 15 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan am Rücken.

10,40 „ Beginnende Trägheit, die in der Folge zu keiner Narkose führte, aber 2 Tage anhielt.

Der während des Tages gelassene Harn reduzierte Fehlingsche Lösung und enthielt nach der Gärungsprobe Zucker zu 0,5 %.

Ergebnis: Die Dosis von **0,80** g Magnesiumglycerophosphat bewirkte keine Narkose, hatte aber Zuckerausscheidung zur Folge; diese hörte nach 24 Stunden wieder auf. Das Tier erholte sich darauf.

Gesamtergebnis: Die ausgeführten Versuche, die nur zum Teil hier angeführt sind und die mit peinlicher Gewissenhaftigkeit angestellt wurden, ergaben also leider eine in narkotisierenden Dosen giftige Wirkung des Magnesiumglycerophosphates der Firma E. Merck, welche die Tiere unter den Erscheinungen der Glucosurie binnen eines Tages zu Tode brachte. Selbst noch nicht narkotisierende Dosen riefen diese Glucosurie hervor, der mit Abblassen der Erscheinungen natürlich eine vollständige Erholung folgte.

c) Natriumglycerophosphatversuche.

Da das Magnesiumsulfat nie Glucosurie machte, war zu vermuten, dass es eine Eigenschaft der Glycerophosphate aller Basen ist, Zucker im Harn auftreten zu lassen. Um die Richtigkeit dieser Vermutung zu prüfen, wurden einige Versuche angestellt mit dem von der Firma Merck bezogenen 20 %igen Natriumglycerophosphat. Die Glycerophosphorsäure, die bisher als durchaus harmlos galt, erwies sich jedoch als durchaus nicht ganz indifferent für den Organismus des Meerschweinchens, denn die Hälfte der Versuchstiere — drei an der Zahl — ging an der subkutanen Injektion zugrunde, ein anderes zeigte Krankheitserscheinungen, die erst nach 1 bis 2 Tagen abklangen. Es verlor nämlich völlig die Lebendigkeit und die Fresslust und nahm rasch 30 g ab. Zwei andere Tiere

zeigten, obgleich mit denselben oder noch höheren Dosen behandelt, keine auffallenden Erscheinungen, nur schied das eine Zucker aus. Das Präparat, die 20 %ige Natriumglycerophosphorsäure, war einwandfrei. Einige Protokolle lasse ich folgen.

Versuch 17.

12,00 Uhr Ein Meerschwein, 380 g Gewicht, erhält 2,5 ccm der 20 %igen Natriumglycerophosphatlösung subkutan am Rücken.

3,00 „ Abermals werden 2,5 ccm derselben Lösung subkutan einverleibt. Das Tier machte einen munteren Eindruck. Trotzdem stirbt es um

4,15 „ Der aus der Blase entnommene Harn reduziert Fehlingsche Lösung. Die Gärungsprobe ergibt 0,5 % Zucker.

Ergebnis: 2 Injektionen, je 1,32 g Natriumglycerophosphat pro kg Tier enthaltend, im Abstande von 3 Stunden, riefen 4 Stunden nach der ersten Injektion Glucosurie und den Tod hervor.

Versuch 18.

5,00 Uhr Meerschwein, 380 g Gewicht, erhält 2,5 ccm der 20 %igen Natriumglycerophosphatlösung subkutan. Am andern Morgen ist das Tier tot. Die Harnuntersuchung verlief negativ.

Die Sektion ergab keine anatomischen Veränderungen, auch ist der Einstich selbst nicht die Todesursache gewesen.

Ergebnis: Die einmalige Dosis von 1,32 g Natriumglycerophosphat pro kg Tier rief in diesem Falle den Tod hervor.

Versuch 19.

11,50 Uhr Meerschwein von 435 g Gewicht erhielt 2,5 ccm der 20 %igen Natriumglycerophosphatlösung subkutan.

5,00 „ Abermals werden 2,5 ccm der Lösung injiziert. Am andern Morgen ist das Tier tot. Der in der Nacht gelassene Harn reduzierte Fehlingsche Lösung nicht, wohl aber Essbachsche. Schätzungsweise waren es quantitativ 0,1 %.

Sektion ergab keine anatomischen Veränderungen.

Ergebnis: Die Dosis von 1,15 g Natriumglycerophosphat, binnen 5 Stunden zweimal injiziert, erzeugte Albuminurie und wirkte tötend.

Im Anschluss hieran wurden Versuche mit dem Na-Salze der Glycerophosphorsäure auch an allen anderen Versuchstierarten, auf welche die Mg-Narkoseversuche sich erstreckten, angestellt; doch erwiesen sich sämtliche Tiere, trotzdem die Versuche jedesmal wiederholt angestellt wurden, als unempfindlicher. Eine

grob schädigende Wirkung des Natrium glycerinophosphoricum ist also nur für Meerschweinchen nachweisbar. Bei diesen wird sie weiter studiert werden. Mir fehlte dazu die genügende Anzahl Tiere und die Substanz.

3. Versuche an Kaninchen.

a) Magnesiumsulfatnarkose.

Ich bespreche zunächst die Magnesiumsulfatnarkose des Kaninchens. Für das Kaninchen fanden Meltzer und Auer die Dose, die vollständige Anästhesie herbeiführt, zwischen 1,25 und 1,75 pro kg Gewicht. Es heisst weiter wörtlich:

> „Eine Dose über 1,75 g pro kg muss bereits als toxisch angesehen werden. Wenn das Tier nach der Injektion an der Eintrittsstelle massiert wird, tritt die Wirkung schnell ein und besteht in vollständiger Nervenlähmung. Dosen unter 1,25 wirken nicht mehr sicher narkotisch. Abscedierungen oder sonstige lokale Reizerscheinungen traten nicht ein.“

Individuelle Verschiedenheiten der Empfindlichkeit traten bei meinen Versuchen öfter zu Tage, doch gelang es mir in allen Fällen schon mit Dosen von **1,1** g Magnesiumsulfat pro kg Kaninchen einen ausreichenden Effekt zu erzielen. Geringere Dosen führten nie zum Ziele.

Versuch 20.

12,50 Uhr Kaninchen im Gewichte von 2600 g erhält 10 ccm der 25 %igen Magnesiumsulfatlösung subkutan am Rücken.
1,05 „ Abermals werden 3 ccm injiziert.
1,50 „ Das Tier liegt in tiefer Narkose.
4,20 „ Die tiefe Narkose erlischt, das Tier liegt noch auf der Seite. In der nächsten halben Stunde erholt es sich.

Ergebnis: Die Dosis von **1,1** g Magnesiumsulfat pro kg Kaninchen bewirkt eine Narkose von 2,5 Stunden. Die Harnuntersuchung war ohne pathologischen Befund.

Nur unter Berücksichtigung individueller Verschiedenheiten kann ich es erklären, dass es Straub[1]) mit 1,25 g Magnesium-

[1]) Straub, Experimentelle Untersuchung über Wesen und Aussicht der Tetanustherapie mit Magnesiumsulfat. Münchener Medizinische Wochenschrift, Feldärztliche Beilage 1915, Heft 1.

sulfat nur gelang, einen „Maximaleffekt von etwa 20 Minuten Dauer zu erzielen.“

b) Magnesiumglycerophosphatnarkose.

Mehrere Versuche führten alle zu dem gleichen Resultat wie die analogen Versuche beim Meerschweinchen. Die Mindestdose des Magnesiumsulfats, d. h. **1,1** g, die erforderlich ist, um einen Effekt zu erzielen, deckt sich etwa mit der Mindestdosis des Magnesiumglycerophosphates. Doch führt letztere nach erfolgter Erholung zum Tode, während niedrigere Mengen des Mg-Salzes weder narkotisierend noch tötend auf die Tiere wirkten. Es kam sogar vor, dass der Tod schon in der Narkose eintrat bei einer durch mehrere Versuche als nicht toxisch erkannten Dose, wie Versuch 23 zeigt.

Versuch 21.

10,14 Uhr Kaninchen von 2010 g Gewicht erhält 5 ccm der 25 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan. Das Tier zeigt keinerlei Erscheinungen von Narkose oder Schläfrigkeit. Es frisst weiter. Harn ohne pathologischen Befund.

Ergebnis: Die Dosis von 0,62 g Magnesiumglycerophosphat pro kg Kaninchen hat keinerlei Einfluss auf das Tier oder dessen Harn.

Versuch 22.

11,15 Uhr Kaninchen von 2100 g Gewicht erhält 8 ccm einer 30 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan.

1,30 „ Die Narkose beginnt.

5,00 „ Die tiefe Narkose erlischt, das Tier ist noch sehr benommen. Die Trägheit hält an, selbst noch am nächsten Vormittag. Das Tier frisst nicht, macht einen sehr kranken Eindruck. Der reichlich abgesonderte Harn reduziert stark Fehlingsche Lösung und ergibt nach der Gärungsprobe die Anwesenheit von 2 % Zucker.

12,00 „ am nächsten Tage. Das Tier stirbt, d. h. 19 Stunden nach Beendigung der Narkose. Gewicht 1750 g.

Sektion ergibt keinerlei anatomische Veränderungen.

Ergebnis: Die Dosis von **1,14** g Magnesiumglycerophosphat pro kg Kaninchen bewirkt eine Narkose von 3,5 Stunden, der 19 Stunden nach dem Erwachen der Tod folgte. Gewichtsverlust 350 g in dieser Zeit. Zucker zu 2 % im Harn.

Versuch 23.

11,15 Uhr Kaninchen, 1650 g im Gewicht, erhält 6,25 ccm der 30 %igen Glycerophosphatlösung subkutan.
12,30 „ Das Tier liegt in Narkose.
5,00 „ Status idem.
7,30 „ Das Tier ist gestorben.

Sektion ergab keinerlei anatomischen Veränderungen. Der Harn reduzierte Fehlingsche Lösung stark und ergab bei der Gärungsprobe 2 % Zucker.

Ergebnis: Die Dosis von **1,15** g Magnesiumglycerophosphat pro kg Kaninchen bewirkte eine Narkose, der aber keine Erholung folgte. Die Harnuntersuchung ergab 2 % Zucker.

Da wir nach Meltzer[1]) im Kalzium über ein sicheres Antidot gegen das Magnesium verfügen, so lag es nahe, die toxische Mg-Komponente durch Ca-Injektionen während der Narkose aufzuheben, zumal wiederholt Tiere während der Narkose starben, die Magnesiumglycerophosphat in nicht toxischer Dosis erhalten hatten. Das Endresultat blieb jedoch unverändert, wie Versuch 24 zeigt. Verwendet wurde eine 5 %ige Lösung des kristallisierten Präparates von Chlorkalzium, welches bekanntlich 6 Moleküle Wasser enthält.

Versuch 24.

4,15 Uhr Kaninchen von 1775 g Gewicht erhält 8,5 ccm der 25 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan.
5,00 „ Das Tier ist in tiefer Narkose.
5,25 „ 2 ccm einer 5 %igen $CaCl_2$-Lösung werden injiziert.
5,30 „ 2 ccm einer 5 %igen $CaCl_2$-Lösung werden injiziert.
6,00 „ 2,5 ccm einer 5 %igen $CaCl_2$-Lösung werden injiziert.
6,05 „ 2,5 ccm einer 5 %igen $CaCl_2$-Lösung werden injiziert.
6,10 „ Spontane Bewegungen der linken Extremitäten.
6,20 „ 2,5 ccm einer 5 %igen $CaCl_2$-Lösung werden injiziert.
6,23 „ Bei Kneifen macht das Tier Abwehrbewegungen. Atmung in steigender Frequenz.
6,45 „ 5 ccm einer 5 %igen $CaCl_2$-Lösung werden injiziert.
6,50 „ Das Tier erträgt keine Rückenlage mehr.
6,55 „ Cornealreflex ist wieder vorhanden. Die narkotisierende Mg-Komponente ist aufgehoben. Am Abend bleibt das Tier benommen und träge; der Harn reduziert Fehlingsche Lösung. Den ganzen nächsten Tag macht das Tier ebenfalls einen kranken Eindruck, frisst nicht und ist träge. Der Harn reduziert Fehlingsche Lösung. In der Nacht darauf stirbt das Tier.

---

[1]) Meltzer, Einiges zur Physiologie und Pharmakologie des Mg und Ca. Deutsche Medizinische Wochenschrift 1909, Nr. 45.

Sektion: Kleine Hämorrhagien an der Einstichstelle. Das injizierte $CaCl_2$ ist nicht alles resorbiert. Am Kolon transversum leichte Blutextravasate von ganz geringem Umfange.

Ergebnis: Das Chlorkalzium vermochte die toxische Nachwirkung des Magnesiumglycerophosphates auf obiges Kaninchen nicht abzuwenden.

4. Versuche an Katzen.

a) Magnesiumsulfatnarkose.

Es liegen nur von Meltzer[1]) Angaben über die subkutane Mg-Narkose der Katzen vor. Es heisst bei ihm wörtlich: „Bei Katzen trat mehrmals Erbrechen vor dem Eintritt der Anästhesie ein. Auch Speichelfluss wurde beobachtet. Der Urin der Tiere wirkte auf $CuSO_4$ reduzierend. Abscesse wurden nicht wahrgenommen. Es kann nicht verschwiegen werden, dass die Grenze der Dosen, die nötig ist, um bei Katzen anästhetisch zu wirken, sehr nahe der tödlichen ist; z. B. brachte die Dose von 0,8 g Magnesiumsulfat pro kg Katze noch keine ordentliche Narkose hervor, während 1,0 g bereits letal wirkte. Nur 0,9 g pro kg wirkte narkotisch und liess das Tier wieder zu sich kommen. Der Eintritt der Narkose geschah nicht schnell, sondern erforderte mindestens eine Stunde. Der Blutdruck blieb bei 0,9 g ziemlich normal.“

Meltzers Erfahrungen bestätigten sich bei meinen Versuchen mit Katzen, nur wurde bei Magnesiumsulfat keine Zuckerausscheidung von mir bemerkt. Ich will jedoch nicht bestreiten, dass diese unter Umständen auch nach Magnesiumsulfat, namentlich falls man die Tiere bei der Einspritzung ängstigt oder falls sie sich sehr heftig sträuben, auftreten kann, da sogenannter nervöser Diabetes eine bekannte Erscheinung bei Katzen ist. Blutdruckversuche wurden hier nicht vorgenommen, sondern folgen später bei der Besprechung der Mg-Narkose des Hundes.

Um durch steigende Dosen allmählich eine narkotisierende Wirkung zu erhalten, wurde mit kleinen Dosen begonnen.

Versuch 25.

10,15 Uhr Katze von 3500 g Gewicht erhält 10 ccm der 25 %igen Magnesiumsulfatlösung subkutan am Rücken. Es kommt in den nächsten $1^1/_2$ Stunden zu keiner Narkose. Das Tier wird nur still und sitzt ruhig da. Der Kopf wird nicht gesenkt, die Augen werden nicht geschlossen.

---

[1]) Meltzer und Auer, l. c.

12,00 Uhr Ein leichter Schlaf stellt sich ein, der durch Anstossen sofort zu beseitigen ist.
3,00 „ Das Tier ist wieder ziemlich normal.

Ergebnis: Die Dose von 0,71 g Magnesiumsulfat pro kg Katze hat keine Narkose zur Folge.

Die Dosen wurden gesteigert von Versuch zu Versuch. 0,78 g Magnesiumsulfat pro kg rief zweimaliges Erbrechen hervor 10 bis 25 Minuten nach der Injektion. Der Harn war auch in den höheren Dosen ohne pathologischen Befund. Eine narkotische Wirkung des Mg-Salzes wurde zuerst bei **0,94** g pro kg Tier erreicht. Höher schritt ich nicht in der Dosierung, denn nach Meltzer wäre die Dosis dann tödlich geworden.

Versuch 26.

5,45 Uhr Katze im Gewicht von 1205 g erhält 4,5 ccm der 25 %igen Magnesiumsulfatlösung subkutan am Rücken.
6,30 „ Eine ständig zunehmende Trägheit stellt sich ein, doch setzt die tiefe Narkose erst
7,15 „ ein.
8,30 „ Das Tier ist in tiefer Narkose.
9,00 „ Am andern Morgen hat sich das Tier ganz erholt; der Harn ist ohne pathologische Bestandteile.

b) Magnesiumglycerophosphatnarkose.

Auch bei der Katze hatte, wie beim Kaninchen, das Magnesiumglycerophosphat in nicht narkotisierenden Dosen keinen Einfluss auf den Harn. Bei höheren Dosen, selbst wenn sie unterhalb der Mindestdose des Magnesiumsulfates lagen, trat Narkose ein, die aber in keinem Fall eine Erholung zur Folge hatte. Vielmehr gingen die Tiere unter den Erscheinungen einer starken Glucosurie zugrunde.

Versuch 27.

10,20 Uhr Eine Katze, 2400 g wiegend, erhält 6 ccm einer 30 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan. Erst um
12,30 „ erbricht das Tier, es tritt dann erst Trägheit ein, die aber nicht zum Schlafe führt. Am Nachmittag erholt sich das Tier wieder. Der Harn reduzierte nicht Fehlingsche Lösung. Er enthielt reichlich Kristalle des phosphorsauren Magnesiums.

Wie hier die Dosis von 0,75 g Magnesiumglycerophosphat keinerlei Einfluss hatte, so waren geringere Dosen auch resultatlos. Aber schon die Dosis von **0,8** g Magnesiumglycerophosphat brachte Narkose mit tödlichem Ausgang.

Versuch 28.

10,00 Uhr Katze von 3090 g Gewicht erhält 10 ccm der 25 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan und schläft sofort ein. Um
11,00 „ liegt das Tier in tiefster Narkose, die den ganzen Tag anhält. Atmung und Herzschlag sind dabei langsam aber kräftig, eine Abschwächung wurde bei stündlich vorgenommener Kontrolle nicht konstatiert.
9,00 „ am andern Morgen wird das Tier tot vorgefunden.

Sektion: Alles ist resorbiert und keinerlei anatomische Veränderungen sind festzustellen. Der Harn reduziert Fehlingsche Lösung.

Ich lasse noch einen Versuch folgen, bei dem das Tier dieselbe Dosis des Magnesiumglycerophosphates erhielt, die ich als Mindestdosis für die Magnesiumsulfatnarkose gefunden hatte, nämlich **0,94** g pro kg.

Versuch 29.

10,50 Uhr Katze, 2400 g wiegend, erhält 7,5 ccm der 30 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan; um
1,30 „ liegt das Tier erst in Narkose. Diese hält nachweisbar 31 Stunden an, bis 8 Uhr abends des nächsten Tages kontrolliert, unter langsamer aber kräftiger Herzfrequenz. In der dann folgenden Nacht stirbt das Tier. Der Harn — Tag- und Nachtharn gesondert untersucht — ergab jedesmal bei der Gärungsprobe rund 2 % Zucker.

Ergebnis: Wir ersehen also aus diesen Versuchen, dass schon die Dose von 0,8 g Glycerophosphat des Magnesiums pro kg Tier subkutan auf Katzen narkotisch wirkt, dass es sie aber gleichzeitig diabetisch macht und in der Nachwirkung tötet, während die entsprechende Sulfatdose dies nicht tut. Wie für Kaninchen und Meerschweinchen, so ist also auch für Katzen das Glycerophosphat des Magnesiums gefährlicher als das Sulfat.

5. Versuche am Hund.

a) Magnesiumsulfatnarkose.

Nach Meltzer[1]) trat bei Hunden „nach der subkutanen Einspritzung, selbst wenn die Stelle massiert wurde, eine beträchtliche Hervorwölbung der Einstichstelle ein, hielt stundenlang an, ja verschwand selbst nach mehreren Tagen nicht und führte zu Abscessen. Die zur Narkose nötige Dosis liegt hoch beim Hunde: 1,5 g Magnesiumsulfat pro kg Tier brachte nie eine ge-

[1]) Meltzer und Auer, l. c.

nügende Anästhesie hervor, 2 g oder etwas mehr mussten angewandt werden, um Anästhesie zu erzeugen. Aber diese Anästhesie führte stets zum Tode. Nicht eins der Tiere, die Anästhesie zeigten, blieb am Leben. Es stellte sich als notwendig heraus, die Injektionsflüssigkeit auf mehrere Körperstellen zu verteilen und ferner die Injektion nicht subkutan, sondern intramuskulär vorzunehmen."

Da mir zurzeit nur grosse, ausgewachsene Hunde zur Verfügung standen, so musste darauf verzichtet werden, eine narkotisierende Dosis subkutan einverleiben zu können, denn von der 30 %igen Magnesiumsulfatlösung, der konzentriertesten, die zur Verfügung stand, hätte man nach Meltzer einem Hunde von 15 kg Gewicht 100 ccm injizieren müssen. Der dritte Teil dieser Dosis wurde aber schon nicht vertragen, wie der Versuch zeigt.

Versuch 30.

11,00 Uhr Ein Hund von 16,5 kg Gewicht erhält 30 ccm der 25 %igen Magnesiumsulfatlösung subkutan an 3 Körperstellen injiziert, je 10 ccm auf die beiden Glutäen und die Mitte des Rückens. Es tritt keine Narkose, überhaupt während der folgenden 24 Stunden keinerlei Reaktion auf. Der Harn ist reich an Phosphaten, aber ohne pathologischen Befund. Am nächsten Tage drohen die Applikationsstellen zu abscedieren, die Reizerscheinungen sind so gross, dass das Tier die Haut bis zu Handtellergrösse sich herunterreisst. Es musste getötet werden.

Die Sektion ergab keine anatomischen Veränderungen.

Ergebnis: Die Dosis von **0,45** g Magnesiumsulfat — zur Narkose zu gering — wirkte lokal abscedierend und brachte solche Reizerscheinungen hervor, dass höhere Dosen gar nicht in Betracht kamen.

b) Glycerophosphatnarkose.

30 ccm einer 20 %igen Natriumglycerophosphatlösung, einem Hunde von 12,5 kg Gewicht subkutan einverleibt, um die Wirkung der Glycerophosphorsäure festzustellen, rief dagegen keinerlei Abscessbildung noch Reizerscheinung hervor.

Aus diesen beiden Versuchen ist zu ersehen, dass das Glycerophosphat des Magnesiums vom Hunde lokal unzweifelhaft besser vertragen wird, als das Sulfat. Allerdings war letzteres auch etwas konzentrierter. Dass das Glycerophosphat, selbst 30 %iges, vom Unterhautzell-

gewebe des Hundes vertragen wurde, zeigte folgender Versuch. Auch hier musste auf Zuführung einer narkotisierenden Dosis verzichtet werden und wurde nur eine geringe Dosis zwecks Harnuntersuchung einverleibt. Es führte, wie der Versuch zeigt, schon die sehr geringe Dosis von **0,36** g Magnesiumglycerophosphat pro kg Hund zu einer Zuckerausscheidung. Auch resultierte eine Parese der hinteren Extremitäten.

Versuch 31.

10,15 Uhr Hund von 4400 g Gewicht erhält 5 ccm einer 30 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung subkutan.

11,45 „ Der Hund erbricht. Nach anfänglicher Unruhe bleibt das Tier einige Zeit träge, es erholt sich aber bis zum Abend ganz. Der am Nachmittag bei anscheinendem Wohlsein gelassene Harn gärt stürmisch und reduziert Fehlingsche Lösung. Die Gärungsprobe ergibt 2 % Zucker. Auch der am folgenden Tage gelassene Harn zeigt beide Eigenschaften, ebenfalls Zucker. Der bis zum Morgen des übernächsten Tages gelassene Harn reduziert immer noch, aber viel weniger. Die Gärungsprobe ergab ein negatives Resultat. Abscedierung unter der Haut erfolgte nicht. Wegen eines schon vorher vorhandenen Hautausschlages musste das Tier dann getötet werden.

Die Sektion ergab keine anatomischen Veränderungen.

Ergebnis: Es bestehen dieselben Differenzen in der Wirkung der beiden Mg-Salze bei allen Versuchstieren, das heisst bei Meerschweinchen, Kaninchen, Katzen und Hunden, die sich kurz in den Satz zusammenfassen lassen, dass das Magnesiumglycerophosphat Glucosurie verursacht und giftiger ist als das Sulfat.

Angeregt durch das Resultat der Blutdruckmessungen Meltzers während der Magnesiumsulfatnarkose, das er in die Worte zusammenfasst: „der Blutdruck blieb bei Kaninchen und Katzen auf der Höhe der Wirkung normal, während er bei Hunden beträchtlich niedriger stand“, wurde der Blutdruck an Hunden während der Narkose auch von uns gemessen.

c) Blutdruckversuche am Hunde mit Magnesiumsulfat und Magnesiumglycerophosphat.

Bei Straubs Versuchen, der den Blutdruck an Katzen und Kaninchen registrierte, ergab es sich: „dass das Magnesiumsulfat den Blutdruck ohne wesentliche Verlangsamung der Schlag-

frequenz des Herzens herabsetzt und zwar schon merklich in einem Stadium der Mg-Wirkung, wo die Blockierung der motorischen Nervenenden noch keine maximale ist, andererseits ist der Blutdruck noch nicht abnorm tief, wenn der volle therapeutische Effekt vorhanden ist."

Die Versuche mit den beiden Mg-Salzen führten, was die Blutdruckkurve anbelangt, bei uns zu verschiedenen Resultaten.

Versuch 32.

Bei einem Hunde im Gewicht von 10,3 kg wird die Vena dorsalis pedis rechts eröffnet und eine, mit einem Stöpsel verschlossene Kanüle eingebunden. Das Tier wird fixiert und erhält durch die Kanüle um

11,30 Uhr 5 ccm einer 2 %igen Magnesiumsulfatlösung, alle 2 Minuten folgt eine Injektion, so dass um
11,52 „ 1 g Magnesiumsulfat injiziert, um
12,08 „ 2 g Magnesiumsulfat injiziert sind. Das Tier liegt jetzt wie narkotisiert, doch brechen mitunter Anfälle von Heulen und Zuckungen aus. Nun wird die Arteria carotis sinistra eröffnet und mit einem Manometer durch Schlauch verbunden. Um
12,30 „ sind 3 g Magnesiumsulfat injiziert.
12,34 „ Die Blutdruckmessung bei noch nicht vollkommener Narkose zeigt 130 mm Hg an.
12,36 „ Druck 120 mm Hg.
12,37 „ Druck bei Unruhe und etwas Jactation vorübergehend bis 140 mm Hg ansteigend.
12,41 „ Druck auf seinen Anfangsstand von 120 mm allmählich gesunken. Die Herzfrequenz beträgt 124 Schläge pro Minute.
12,50 „ Das 4te Gramm Magnesiumsulfat wird injiziert; Druck 120 mm Hg. Das Tier wirft sich umher. Dann sinkt der Druck langsam bis auf 100 mm und erreicht unter Zunahme der Narkose
1,12 „ seinen tiefsten Stand mit 80 mm Hg. Das 5te Gramm Magnesiumsulfat ist injiziert und jetzt die Narkose eine tiefe und vollständige. Der Puls hält sich auf 122 Schläge pro Minute.
1,20 „ Der Druck steigt wieder an und schwankt zwischen 110 bis 120 mm Hg.
1,33 „ Das 6te Gramm Magnesiumsulfat wird injiziert. Während die Pulsfrequenz bis auf 102 in der Minute sinkt, hält sich der Druck um 120 mm Hg.
1,52 „ Das 7te Gramm Magnesiumsulfat wird injiziert, Herzfrequenz = 102 Schläge pro Minute. Der Druck schwankt zwischen 116 bis 124 mm Hg, entsprechend den bei tiefen Inspirationen.
2,10 „ Das 8te Gramm Magnesiumsulfat wird injiziert; der Druck bleibt danach konstant von 124 bis 126 mm.
2,30 „ Das 9te Gramm Magnesiumsulfat wird injiziert. Herzfrequenz = 96 Schläge in der Minute; der Blutdruck sinkt für kurze Zeit bis auf 114 mm.
2,44 „ Der Druck steigt langsam aber beständig an; er steigt um

2,50 Uhr sogar auf 130 mm Hg. Auch der Puls ist gestiegen auf 104 Schläge.
3,02 „ erreicht der Blutdruck 140 mm Hg. Pulsfrequenz beträgt 118 Schläge in der Minute.
3,15 „ beträgt der Druck 152 mm Hg. Der Versuch wird abgebrochen. Einige Unterbindungen werden gemacht. Die notwendigen Nähte angelegt.
3,30 „ Das Tier erwacht aus der Narkose.
3,35 „ kann es schon laufen und erholt sich anscheinend schnell. In der folgenden Nacht geht das Tier an den Folgen der Vivisektion oder des Salzes ein. Blutungen waren nicht eingetreten. Der Harn, der während des Versuches nur spärlich abgesondert wurde, zeigte keinerlei pathologischen Befund.

Ergebnis: Das Magnesiumsulfat erniedrigt in narkotischer Dose vorübergehend den Blutdruck.

Eine etwas andere Blutdruckkurve ergab sich bei der Magnesiumglycerophosphatnarkose. Auch der Harn verhielt sich anders. Ich lasse den Versuch folgen.

Versuch 33.

Einem kräftigen Hund von 16,6 kg Gewicht wird die Vena dorsalis pedis rechts eröffnet und eine mit Stöpsel verschlossene Kanüle eingebunden. Das Tier wird fixiert und erhält durch die Kanüle am 19. Februar um

10,25 Uhr 5 ccm einer 2 %igen Magnesiumglycerophosphatlösung injiziert, alle 2 Minuten folgt eine Injektion.
10,42 „ 1 g Magnesiumglycerophosphat ist einverleibt, in Abständen von je einer Minute folgen die Injektionen.
10,52 „ 2 g Magnesiumglycerophosphat sind injiziert.
11,02 „ 3 g Magnesiumglycerophosphat sind injiziert. Die Narkose ist tief, die linke Karotis wird eröffnet und mit dem Manometer verbunden.
11,12 „ Das 4te Gramm Magnesiumglycerophosphat ist injiziert. Druck 180 mm Hg.
11,17 „ Das Manometer zeigt einen Druck von 200 mm Hg. Der Pulsschlag beträgt 128 in der Minute; er ist kräftig.
11,19 „ Der Druck sinkt langsam bis 180 mm.
11,22 „ Das 5te Gramm Magnesiumglycerophosphat ist injiziert. Bei regelmässiger Atmung und einer Pulsfrequenz von 108 Schlägen in der Minute sinkt der Druck langsam auf 175 mm.
11,32 „ Das 6te Gramm Magnesiumglycerophosphat ist injiziert. Der Druck beträgt zwischen 190 und 180 mm. Narkose ziemlich vollständig.
11,41 „ Das 7te Gramm Magnesiumglycerophosphat ist injiziert. Narkose vollständig. Der Druck beträgt 180 mm Hg. Der Puls beträgt 120 Schläge pro Minute. Die Mg-Zufuhr wird abgebrochen, da der Blutdruck sich zur Genüge als nicht erniedrigt zu erkennen gibt.
12,00 „ Der Druck hält sich auf 180 bis 190 mm. Die Herzfrequenz steigt langsam an bis zu 140 Schlägen in der Minute. Narkose dauert an. Der Versuch wird abgebrochen und die notwendigen Nähte werden angelegt.

12,15 Uhr Das Tier erwacht und erholt sich schnell. Bis zum Abend des 21. Februar wird kein Harn gelassen, trotz reichlicher Flüssigkeitszufuhr. Erst über Nacht Harnentleerung. Damit fällt Esbachsche Prüfung positiv aus: das Albuminometer ergab 0,2 ‰; Fehlingsche Lösung wird nicht reduziert. Die mikroskopische Untersuchung ergab das Fehlen von Zylindern. Sargdeckelkristalle waren vereinzelt und Phosphate reichlich vorhanden. Am 23. Februar lagen dieselben Verhältnisse vor. In den nächsten Tagen sinkt die Eiweissmenge. Der Tagesharn des 25. Februar enthält nur noch 0,1 ‰ Eiweiss, dann verschwand der Eiweissgehalt vorübergehend, trat im Nachtharn zum 27. Februar wieder auf, um langsam ansteigend bis zum Tode am 1. März anzuhalten. Das Tier machte während dieser Tage einen sehr kranken Eindruck, zeigte kaum Fresslust und nahm an Gewicht 4,77 kg ab.

Die Sektion ergab keine anatomischen Veränderungen. Der Harn der Blase enthielt Eiweiss zu 0,3 Promille.

Ergebnis: Dieser Versuch zeigt, dass die blutdruckerniedrigende Wirkung des Sulfates viel deutlicher ausgesprochen ist als die des Glycerophosphates. Sehr bemerkenswert für letzteres ist, wie schon bei anderen Versuchen damit von mir erwähnt wurde, dass zunächst scheinbar Besserung eintritt und alsdann auf unerklärliche Weise als Sekundärwirkung der Tod.

IV. Die Magnesium-Narkose bei tetanuskranken Warmblütern.

Kreuter[1]) hat als Einziger bisher hierüber Versuche angestellt. Die Tiere gingen entweder an Tetanus oder an Mg-Vergiftung zugrunde. Meine, am Meerschweinchen und Kaninchen angestellten Versuche, führten zu demselben Resultat. 0,5 bis 1,5 ccm eines 0,1 %igen Tetanustoxins, in den rechten Glutaeus einverleibt, riefen stets nach 40—50 Stunden einen tetanischen Krampfzustand der betreffenden Extremität hervor. Dieser Tetanus dauerte ununterbrochen Tag und Nacht an.

In der dann vorgenommenen Narkose wurde das Bein schlaff, um beim Erwachen aber wieder tetanisch ausgestreckt zu werden. Spätestens in der zweiten Narkose gingen die Tiere ein, wenn nicht schon während des Krampfzustandes. Die Sektion ergab in keinem Fall irgend eine anatomische Veränderung. Eine erfolgreiche Behandlung des Tetanus war dies also nicht.

---

[1]) Kreuter, Ueber einige praktisch wichtige Gesichtspunkte in der Tetanusfrage. Münchener Medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 49.

V. Endergebnisse.

Ich glaube aus meinen Untersuchungen schliessen zu dürfen:

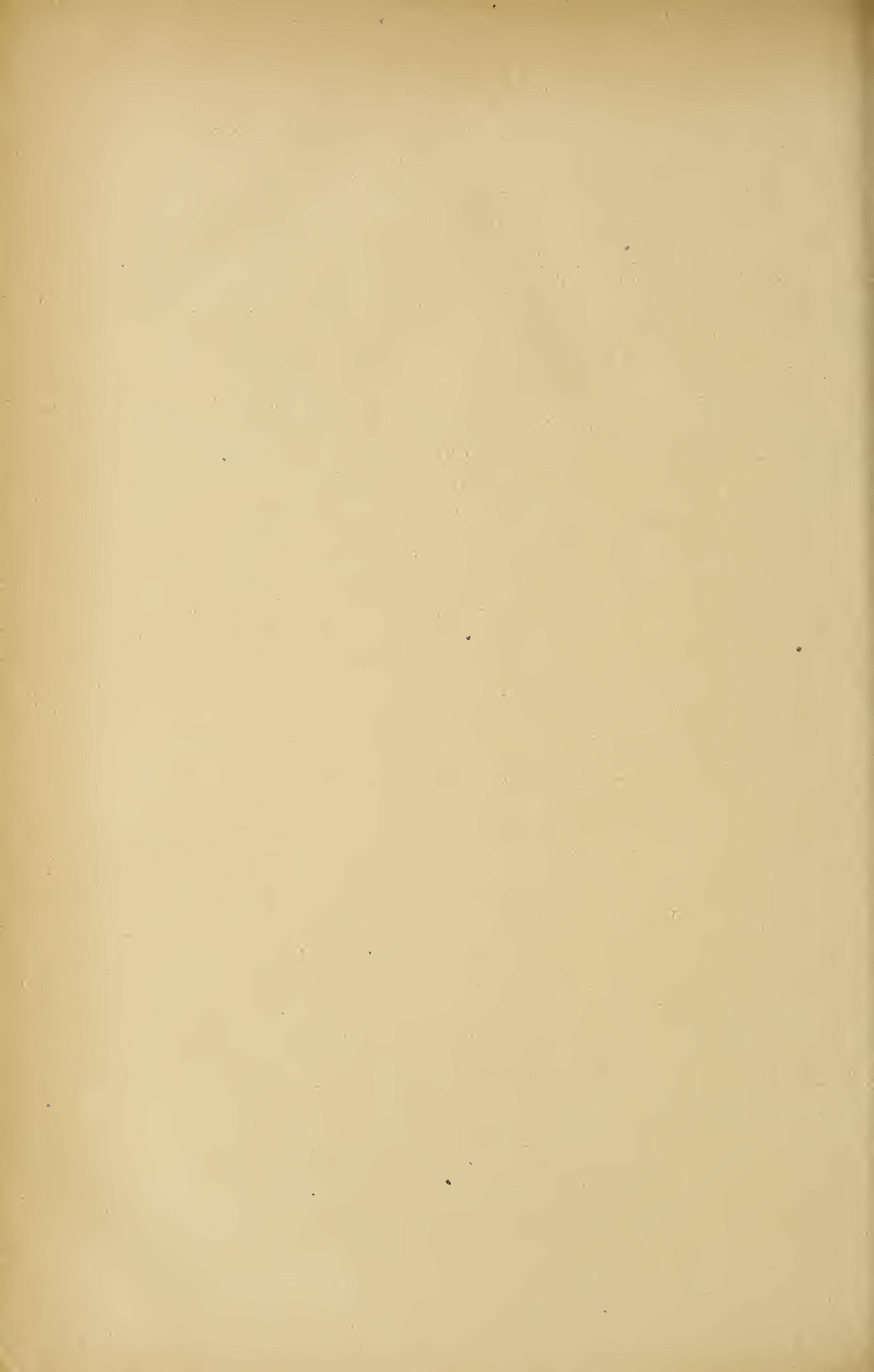
1. dass die Wirkung der beiden Magnesiumsalze nicht ohne zentrale Mitbeteiligung ungezwungen zu erklären ist;
2. dass das Glycerophosphat des Magnesiums bei Meerschweinchen, Kaninchen, Katzen und Hunden Glucosurie macht. Das Glycerophosphat des Natriums bringt diese Wirkung viel unvollkommener hervor. Sie muss trotzdem hauptsächlich auf das Ion der Glycerophosphorsäure geschoben werden, denn Magnesiumsulfat hat diese Wirkung nicht. Aber das Magnesiumion verstärkt eben die Wirkung des Ions der Glycerophosphorsäure.
3. Eine therapeutische Empfehlung des Magnesiumglycerophosphates hat ihre Bedenken selbst unter Berücksichtigung des Umstandes, dass es subkutan besser vertragen wird, und dass es den Blutdruck weniger erniedrigt als das Sulfat. Diese Bedenken bestehen
    1. darin, dass es bei Tieren Glucosurie macht,
    2. darin, dass es von vornherein giftiger ist,
    3. darin, dass es in ganz unberechenbarer Weise im Stadium der Rekonvaleszenz viele meiner Tiere aus nicht recht erklärlichem Grunde noch zu Tode brachte. Da grobe anatomische Veränderungen sich nie nachweisen liessen, muss man an zentrale Lähmung oder an Herzlähmung denken. Welche von beiden vorliegen mag, ist für unsere Betrachtungen hier ohne Belang. Jedenfalls fühle ich mich veranlasst, gegenüber den Empfehlungen des Glycerophosphates durch Stabsarzt G. Zuelzer[1]) in Dosen von 6—8mal täglich je 10 ccm der 25 %igen Lösung Vorsicht zu empfehlen. Es sollte mich ausserordentlich freuen, wenn mein Kassandraruf für Menschen unberechtigt ist; für Meerschweinchen, Kaninchen und Hunde besteht die Gefahr des Todes nach scheinbarer völliger Erholung unbedingt. Meltzer[1]) hat dargetan,

[1]) G. Zuelzer, Berliner klinische Wochenschrift 1915, p. 689.

[1]) S. J. Meltzer, ebenda 1915, p. 261.

dass bei gleichzeitiger Aetherinhalation die Magnesiumdosen sehr stark verringert werden können, nämlich auf ein Viertel der sonst nötigen Menge. Er hat dies nur für das Sulfat angegeben; es gilt aber wohl auch für das Glycerophosphat. Dadurch würde sich die gefährliche Nachwirkung ausschalten lassen.

Es sei mir zum Schluss gestattet, Herrn Geheimrat Kobert für die Ueberweisung des vorliegenden Themas und die mir in so reichem Masse zuteil gewordene liebenswürdige Unterstützung meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.



Ueber das Verhalten der Adstringentien zu roten Blutkörperchen.

Von

Professor R. Kobert-Rostock.

Eingegangen bei der Redaktion am 11. Dezember 1915.

I. Seit mehr als 60 Jahren ist die Frage, ob die roten Blutkörperchen der Wirbeltiere eine echte Membran besitzen, immer und immer wieder aufgeworfen und experimentell geprüft worden. Schon F. L. Hünefeld[1]) konnte durch Behandeln des Blutes mit Salmiak und kohlensaurem Ammoniak eine Membran sichtbar machen. Hensen[2]) erreichte bei Froschblut dasselbe durch Anwendung von Rohrzuckerlösung. Seitdem redet man von Hünefeld-Hensenschen Bildern der roten Blutkörperchen. Anfang der sechziger Jahre erschienen auch in England zwei hierher gehörige Arbeiten, aber von einander durchaus widersprechendem Inhalt. Während Beale[3]) die Existenz einer Blutkörperchenmembran völlig in Abrede stellte, schliesst Roberts[4]) aus seinen Versuchen, „that the envelope of the vertebrate blooddisc is a duplicate membrane; in other words, that within the outer covering there exists an interior vesicle, which encloses the coloured contents and in the ovipara the nucleus“. Zum Nachweis dieser Doppelmembran benutzte er teils salpetersaures Rosanilin, teils das offizinelle Tannin, und zwar in halbprozentiger Lösung. Der Dorpater pathologische Anatom Arthur

---

[1]) F. L. Hünefeld, Der Chemismus in der tierischen Organisation. Leipzig 1840.

[2]) Hensen, Ztschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. **11**, 1862.

[3]) Beale, Quarterly Journ. of microsc. sc. Jahrg. 1861, S. 240.

[4]) Roberts, Quarterly Journ. of microsc. sc. Jahrg. 1863, S. 170.

Boettcher[1]) wiederholte und erweiterte diese Versuche, die uns heute hier der angewandten Galläpfelgerbsäure wegen natürlich besonders angehen.

Ich führe aus Boettchers sehr vorsichtigen Schlussfolgerungen die wichtigsten Sätze verkürzt an: „Die Gerbsäure geht mit der Substanz der Blutkörperchen des Salamander Verbindungen, die in verdünnter Essigsäure unlöslich sind, ein. Auf diesen beruhen die mikroskopisch sichtbar werdenden Veränderungen. Zunächst wird durch das hinzutretende Reagens die Oberfläche der Blutkörperchen alteriert und sichtbar gemacht, gleichviel, ob diese von einer besonderen Membran gebildet wird oder nicht. Es genügt zu konstatieren, dass wir an jedem mit Tannin behandelten Blutkörperchen eine starre doppelt kontourierte Hülle, deren Existenz niemand leugnen wird, vorfinden. Der Raum zwischen dieser Membran und dem Kern erscheint bei einem Teil der Blutkörperchen ganz frei von festen Bestandteilen, bei einem andern mehr oder weniger mit fein granulierter Masse gefüllt, welche den Kern umgibt, und endlich bei einem dritten Teil von zahlreichen starren Fäden durchzogen, welche sich zwischen Kern und Membran ausspannen. In bezug auf den Bau der Blutkörperchen besteht zwischen Amphibien, Vögeln, Säugetieren und dem Menschen eine vollständige Analogie. Bei der Diskussion der Frage, ob die Blutkörperchen eine Hülle besitzen, muss von allen Versuchen Abstand genommen werden, durch welche ein derartiges Gebilde als Artefakt nachträglich erzeugt werden kann; andererseits müssen natürlich auch diejenigen Behandlungsweisen vermieden werden, welche die präexistierende Membran zu vernichten imstande sind (z. B. Erwärmung).“ Soweit die noch heute recht beachtenswerten Angaben von Boettcher. Ein Jahr nach Boettcher beschäftigte sich E. Brücke[2]) in Wien mit der Einwirkung von 2 %iger Borsäure auf Blutkörperchen. Er konnte auch durch dieses Reagens den Hünefeld-Hensenschen Bildern analoge, der Plasmolyse der Pflanzen vergleichbare Differenzierungen des Protoplasmas der roten Blutkörperchen hervorrufen. Er führte

[1]) A. Boettcher, Untersuchungen über die roten Blutkörperchen der Wirbeltiere. Virch. Arch. Bd. **36**, 1866, S. 342.

[2]) E. Brücke, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien, Mathem.-naturw. Kl. Bd. **56**, Abt. 2, 1867.

für die dabei sichtbar werdende farblose Membran den Namen Oikoid und für deren rotgefärbten Inhalt den Namen Zooid ein. Letzterer deckt sich mit der später von Rollett[1]) eingeführten Bezeichnung Endosoma.

In den letzten 15 Jahren ist die Frage nach der Existenz der Blutkörperchenmembran mit Zuhilfenahme aller Mittel der modernen Histologie und mikroskopischen Technik erneut in Angriff genommen worden. Hierher gehören vor allen eine Reihe von Arbeiten von Weidenreich, Mewes und Ruzicka.

Nach Franz Weidenreich[2]) sind die roten Blutkörperchen der Säugetiere glockenförmige Blasen, umhüllt von einer klebrigen, farblosen und strukturlosen Haut. Ein Stroma existiert nicht. Den Inhalt der Membran bildet das Rollettsche Endosoma. Es ist dünnflüssig und strukturlos. Auch die Blutkörperchen der Sauropsiden und der Ichthyopsiden haben eine analoge Membran. Die jungen kernhaltigen Erythrocyten bestehen zunächst aus einer homogenen Masse. Durch Ablagerung von Cholesterin und Lezithin an der äusseren Peripherie dieser homogenen Masse kommt dann erst die Membran zustande.

Friedrich Mewes[3]) erkennt für die roten Blutkörperchen der Säugetiere diese Membran an; für die Amphibien will er nur eine Randkruste (crusta) zugeben. Hypertonische Kochsalzlösungen, die gleichzeitig Kalk- oder Magnesiumsalze enthalten, lassen sie deutlich hervortreten. Bei Salamander zeigen dann die roten Blutkörperchen eigentümliche fibrilläre Randreifen. Weidenreich[4]) schreibt dagegen auch den Blutkörperchen der

---

[1]) A. Rollett, Pflügers Arch. für die ges. Physiologie. Bd. **82**, 1900; vgl. auch Versuche und Beobachtungen am Blute. 1862.

[2]) Franz Weidenreich, Studien über das Blut und die blutbildenden Organe. I. Form und Bau der roten Blutkörperchen. Arch. f. mikrosk. Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd. **61**, 1902, S. 45. — Derselbe, Ergebn. d. Anat. u. Entw. Bd. **13**, 1903 und Bd. **14**, 1904, S. 444. — Derselbe, Folia haematologica. Jahrg. **2**, 1905, Nr. 2.

[3]) Friedrich Mewes, Die Hünefeld-Hensenschen Bilder der roten Blutkörperchen der Amphibien. Anat. Anzeiger. Bd. **24**, 1904, Nr. 18. — Derselbe, Kritische Bemerkungen über den Bau der roten Blutkörperchen der Amphibien. Anat. Anzeiger. Bd. **26**, 1905, Nr. 20, S. 529 und Arch. f. mikr. Anat. u. Entw. Bd. **77**, 1911, Abt. I, S. 533.

[4]) Franz Weidenreich, Studien über das Blut etc. III. Ueber den Bau der Amphibienerythrocyten. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw. Bd. **66**, 1905, S. 296. — Derselbe, Einige Bemerkungen über die roten Blutkörperchen. Anat. Anzeiger. Bd. **27**, 1905, S. 595.

Amphibien eine echte Membran zu. Im Zusammenhang mit dieser stehen nach ihm die von Mewes erwähnten Fibrillen.

Inzwischen war die Frage nach der Struktur der Blutkörperchen auch von nicht anatomischen Gesichtspunkten aus geprüft worden. Vom Standpunkte der physikalischen Chemie aus stellten Koeppe[1]) und Hamburger[2]) Untersuchungen an. Hamburger kommt bei der Prüfung der Einwirkung von hypertonischen und von hypotonischen Salzlösungen auf rote Blutkörperchen zu der Vorstellung, dass diese Gebilde aus einem festen Protoplasmagerüst, zwischen dessen Lücken in Maschenräumen eine interzellulare Flüssigkeit, das Paraplasma, sich befindet, bestehen. Das Protoplasma fungiert in seiner Randschicht der Aussenwelt gegenüber als semipermeable Membran. An der Wasseranziehung in hypisotonischen Salzlösungen hat es keinen Anteil, ebensowenig an der Wasserabgabe in hypertonischen Flüssigkeiten. Beides kommt lediglich durch das Paraplasma zustande. Beständen die roten Blutkörperchen lediglich aus einem dünnwandigen Bläschen mit durchweg flüssigem, homogenem Inhalt, so müsste die Quellung bezw. Schrumpfung viel stärker ausfallen, als sie es in allen angestellten Versuchen getan hat. Die Menge der eingeschlossenen Flüssigkeit beträgt in den roten Blutkörperchen des Pferdes 43,3—46,7 %, beim Kaninchen 49,0—51,3 %, beim Huhn 42,3—47,6 % und beim Frosch 23,6—28,0 %. Koeppe betont, dass die semipermeable Membran der roten Blutkörperchen entweder nur aus Lipoiden (Lezithin und Cholesterin) besteht, oder dass sie diese wenigstens als wesentlichste Bestandteile enthalte.

Es folgen die wichtigen Versuche, welche Hofmeisters Schüler, Pascucci[3]), angestellt hat. Danach besteht die Blutkörperchenmembran aus in ein eiweissartiges Gerüst eingelagertem Lezithin und Cholesterin.

---

[1]) Koeppe, Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt. Jahrg. 1899, S. 504 und 1900, S. 308; Arch. f. d. ges. Phys. Bd. **99**, 1903 und Bd. **107**, 1905.

[2]) H. J. Hamburger, Osmotischer Druck und Ionenlehre. Bd. **1**, Wiesbaden 1902, S. 337.

[3]) Pascucci, Die Zusammensetzung des Blutkörperchenstromas. Hofmeisters Beiträge. Bd. **6**, 1905.

In voller Uebereinstimmung mit ihm spricht sich auch vom histologischen Standpunkte aus Ruzicka[1]) aus.

Welche Stellung nimmt nun die Pharmakologie dieser Anschauung gegenüber ein? Nachdem ich vor mehr als drei Jahrzehnten die Entdeckung gemacht hatte, dass alle damals bekannten Saponine Hämoglobinaustritt aus den roten Blutkörperchen veranlassen, und nachdem später Ransom gezeigt hatte, dass sich Saponine mit Cholesterin zu Saponincholesteriden verbinden, die nach Windaus z. T. sogar in Kristallen darstellbar sind, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Anwesenheit des Cholesterins in der peripheren Schicht der roten Blutkörperchen mit der Saponinhämolyse genetisch zusammenhängt. Da nach meinen Untersuchungen auch die Lezithine der peripheren Schicht sich mit den Saponinen, wenn auch nur locker, zu Saponinlezithiden verbinden, so dürfte auch die Anwesenheit der Lezithine in dieser Schicht mit der Saponinhämolyse etwas zu tun haben.

Auch die Hämolyse durch die Salze von Gallensäuren und gewissen Harzsäuren wie Agaricinnatrium und Konvolvulinnatrium verläuft analog der Saponinhämolyse.

Wie steht es aber nun mit der Angriffsstelle der ebenfalls von mir vor Jahrzehnten entdeckten eiweissartigen Hämagglutininen? Weder die giftigen, wie Abrin, Rizin, Crotin, noch die ungiftigen, wie Bohnenphasin, Robinienphasin, Daturaphasin, haben zu Cholesterin und Lezithin besondere Affinität. Ihre agglutinierende Wirkung kann daher durch die Annahme einer Verbindung mit diesen Substanzen nicht erklärt werden. Wohl aber haben die genannten Stoffe nach den Untersuchungen meines Institutes die Fähigkeit, sich mit Eiweissstoffen der verschiedensten Art zu verbinden. Es ist daher höchst wahrscheinlich, dass die Agglutination durch diese Stoffe auf Verbindung eben dieser Hämagglutinantien mit dem protoplasmatischen Teile der Blutkörperchenmembran beruht.

In noch viel energischer Weise möchte ich diesen Satz für die nicht zu den Eiweissstoffen gehörige Gruppe der Hämagglutinantien, d. h. für die Adstringentien, aufstellen, und zwar

[1]) Vlad. Ruzicka, Kritische Bemerkungen zur Frage der Membran und der inneren Struktur der Säugererythrocyten. Anat. Anzeiger. Bd. **28**, 1906, Nr. 17 u. 18.

sowohl für die unorganischen als für die vegetabilischen. Letztere machen die Blutkörperchenmembran so viel besser sichtbar, dass gerade dank der Anwendung einer Substanz dieser Gruppe als Reagens Roberts und Boettcher die Membran recht deutlich zu Gesicht bekamen. Der Beziehung dieser Stoffe zu der Blutkörperchenmembran gilt nun mein heutiger Vortrag und gerade deshalb musste ich auf Roberts und Boettchers recht bemerkenswerte Angaben im Eingang Bezug nehmen.

II. Unter Adstringentien, von mir schon immer auf deutsch als Häutchenbildner bezeichnet, versteht man eine sehr grosse, schon von den Urmenschen aufgefundene Gruppe von Stoffen, die auf Wunden gebracht diese überhäuten helfen.

Von unorganischen Stoffen gehören gewisse Salze der Schwermetalle wie des Zinks, des Kupfers, des Bleis, des Silbers, der Tonerde usw. hierher und werden in allen Ländern arzneilich benutzt.

Von organischen Stoffen müssen eine Reihe von Rinden, Hölzern, Wurzeln, Blättern, Früchten sowie gewisse Gallen als Adstringentien der verschiedensten Völker genannt werden. Endlich ist zu sagen, dass aus einzelnen Pflanzen bereits in den warmen Heimatländern Extrakte seit alters hergestellt werden, die in der Apotheke die Mutterdrogen ersetzen.

Allen unorganischen und organischen genannten Mitteln kommt, abgesehen von ihrer medizinischen Verwendbarkeit, weiterhin noch die Fähigkeit zu, die von der Epidermis befreite Kutisschicht der Haut toter Tiere zu gerben, d. h. in sehr haltbares, biegsames und der Fäulnis widerstehendes, aber nur noch sehr wenig quellbares Leder umzuwandeln. Wie der Prozess der Wundbehandlung mit Adstringentien, so ist auch der der Lederdarstellung mit Hilfe solcher — jetzt nach dem Vorgang von Chatin, Brämer und Kunz-Krause meist als Tannoide bezeichneten Mittel schon in prähistorischer Zeit von den Urmenschen ausfindig gemacht worden. Beide Prozesse sind dem Wesen nach identisch und unterscheiden sich nur durch den Intensitätsgrad. Bei der Wundbehandlung wird irgendwelches Protoplasma in dünnster Schicht, bei der Lederbildung die Blösse, d. h. das Bindegewebsprotoplasma der Kutis, seiner ganzen Masse nach der Einwirkung der Adstringentien unterzogen. Chemisch besteht das Bindegewebsprotoplasma der

Haut im wesentlichen aus Kollagen, d. h. aus dem Anhydrid des Glutins, und geht durch Kochen mit Wasser in letzteres über. H. Thierfelder[1]) sagt allerdings, das Kollagen stelle nur die Hauptmenge der die Bindegewebszellen umgebenden Grundsubstanz des lockeren Bindegewebes dar. Woraus die Bindegewebszellen selbst bestehen, sagt er nicht. Auch erwähnt er als Fundort für Bindegewebe zwar Sehnen, Bänder, Fascien, Knochen, Knorpel, Hornhaut und Fischschuppen, aber unerklärlicherweise nicht die Haut. Nach van Lier[2]) bestehen die Bindegewebsfibrillen aus Kollagen, die sie umgebende und die Zwischenräume zwischen ihnen ausfüllende Interfibrillarsubstanz aber aus einem Mucoid, dessen Menge jedoch sehr gering sei und das durch das dem Gerben vorhergehende Einweichen und Aeschern mit Sicherheit entfernt werde. Chemische Analysen der Kutis recht verschiedener Tiere ergaben nach J. v. Schroeder und Pässler[3]) merkwürdigerweise ziemlich gut übereinstimmende Werte, nämlich 17,8 % N, 50,2 % C, 6,4 % H, 0,2 % S und 25,4 % O. Auf Grund dieser Analysen nehmen die Genannten an, dass die Blösse entweder ein chemisches Individuum von hohem Molekulargewicht oder ein Gemisch von isomeren oder nahezu gleichartig zusammengesetzten derartigen Substanzen ist. Für uns hier ist sie — und damit kommen wir wieder auf den Vergleich mit der Wundfläche — ein protoplasmatisches Gebilde mit grosser Oberfläche. Die wissenschaftliche Erklärung sowohl der Wirkung der Adstringentien auf die Wunde als die der Gerbmittel auf die Kutissubstanz hat uns erst die physikalische Chemie in Verein mit der Eiweisschemie geliefert. Die Bedeutung der physikalischen Chemie für den Gerbprozess hat zuerst Stiasny[4]) wissenschaftlich klar erkannt. Dass dabei auch chemische Vorgänge sich ab-

---

[1]) H. Thierfelder, Hoppe-Seylers Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse, Siebente Auflage, Berlin 1903, S. 340.

[2]) E. H. B. van Lier, Collegium 1909, S. 321.

[3]) Jul v. Schroeder, Gerbereichemie, S. 492.

[4]) E. Stiasny, Fortschritte auf dem Gebiete der Lederindustrie. Chem. Ztg. Jahrg. **31**, 1907, S. 1218 u. 1270. — Derselbe, Beziehungen der Gerberei zur Kolloidchemie. Kolloid-Zeitschr. Jahrg. 1908, Heft 9. — Derselbe, Ist die Annahme chemischer Vorgänge zur Erklärung des Gerbeprozesses notwendig? Chem. Ztg. Jahrg. **32**, 1908, S. 593. — Derselbe, Krit. u. exp. Beiträge zur Aufklärung der Gerbevorgänge. Collegium. Jahrg. 1908, S. 117.

spielen, betont besonders Fahrion[1]). Nach ihm folgt auf die chemische Reaktion der physikalisch-chemische Prozess. Ich trete für die umgekehrte Reihenfolge ein. Es handelt sich nach meiner Auffassung sowohl bei der Behandlung der Wunden mit einem Adstringens der Apotheke als bei der Gerbung der Häute um Flächenanziehung (Adsorption) eines hydrophilen Kolloids (feuchte Wundoberfläche, eingeweichte Haut) auf ein umgekehrt geladenes, gelöstes oder wenigstens fein suspendiertes, meist kolloides oder semikolloides Adstringens. Der sichtbare Ausdruck dieser Adsorption ist ein dem Auge (zum mindesten unter dem Mikroskop) als feines Häutchen erscheinender Niederschlag an der Oberfläche aller betroffenen Wundzellen bezw. Bindegewebsfasern der Haut. Dementsprechend bilden alle metallischen und alle vegetabilischen Adstringentien auch mit gelösten Eiweissstoffen und mit Lösungen von Glutin (Leim) im Reagensglas beim Ueberschichten ein solches sichtbares Häutchen. Im ersten Stadium ist der Prozess reversibel, d. h. das Häutchen lässt sich sowohl in Wasser als im Ueberschuss des Eiweiss wieder auflösen. Später, d. h. bei längerer und stärkerer Einwirkung wird aus der Adsorption, die nur die Oberfläche betraf und einen rein physikalisch-chemischen Vorgang vorstellte, eine durch die ganze Masse der zu gerbenden Haut sich fortpflanzende chemische Verbindung, bei der das Kollagen denaturiert wird und der Fähigkeit, beim Kochen Glutin (Leim) zu liefern, verlustig geht. Der Prozess ist jetzt nicht mehr reversibel; wir haben fertiges, fäulnisunfähiges und quellungsunfähiges Leder vor uns, trotzdem mikroskopisch durchaus die Faserstruktur der Haut erhalten ist. Für die Unterscheidung der beiden Phasen, der physikalisch-chemischen und der rein chemischen bei der Gerbung ist in Deutschland namentlich J. v. Schroeder aus Dorpat, der Bruder des Pharmakologen, immer energisch eingetreten. Nach

---

[1]) W. Fahrion, Zur Theorie der Lederbildung. Ztschr. f. angew. Chemie. Jahrg. **16**, 1903, S. 665 und Collegium 1906, S. 286. — Derselbe, Zum Chemismus der Lederbildung. Chem. Ztg. Jahrg. **31**, 1907, S. 748. — Derselbe, Gerbung und Färbung, ebenda, Jahrg. **32**, 1908, S. 357. — Derselbe, Ueber die Vorgänge bei der Lederbildung. Ztschr. f. angew. Chemie. Jahrg. **22**, 1909, S. 2093. — Derselbe, Das Wesen der Gerbung. Collegium 1910, S. 249. — Derselbe, Neuere Gerbemethoden und Gerbetheorien. Braunschweig 1915, S. 18.

J. v. Schroeder und Paessler[1]) besteht richtig ausgegerbtes (lohgares) Leder aus annähernd gleichen Teilen Hautsubstanz und pflanzlichem Gerbstoff. Das Eindringen der Gerbmittel in das Innere der Hautfasern geht um so langsamer, je kolloidaler die Gerblösungen sind bezw. je länger sie in Berührung mit der Blösse eine kolloidale Lösung bleiben; sie gehen nämlich, wie wir gleich sehen werden, leicht gewisse Veränderungen ein. Dass sie wirklich in das Innere der Hautfasern eindringen, beweist die mikrochemische Untersuchung des fertigen (lohgaren) Leders; die im Querschnitt getroffenen Fasern schwärzen sich bei Eisenchloridzusatz durch und durch. Schon A. Rollett[2]) ist daher auf Grund mikroskopischer Lederuntersuchungen dafür eingetreten, dass der Gerbprozess bei gehöriger Dauer die Fasern schliesslich durch und durch gerbt. Bei der alten Methode der Lohgerbung in der Grube kann dieser Vorgang allerdings Monate in Anspruch nehmen. Während aus dem Eindringen ins Innere der Fasern Fahrion[3]) den naheliegenden Schluss zieht, die Gerbstoffe könnten dann doch eben keine Kolloide sein, tritt W. Moeller[4]) soeben wieder von neuem energisch für die kolloidale Natur der wässerigen Gerbstofflösungen ein. Ich vermute, dass das Eindringen mit einer chemischen Umwandlung Hand in Hand geht, bei der die kolloide Natur der Lösung sich vermindert. Ganz in Uebereinstimmung mit dieser Ansicht sprach sich Powarnin[5]) schon vor vier Jahren dahin aus, dass bei der Aufnahme des Gerbstoffes durch die Haut der Kolloidzustand desselben eine grosse Rolle spiele, dass er aber um so leichter in die Haut eindringe, je mehr er kristalloid werde. Dass die wässerigen Lösungen der Gerbstoffe sehr leicht sich verändern, ist eine längst bekannte Tatsache. Nach W. Moeller[6]) kommt in fast allen Gerbdrogen echtes mit der Galläpfelgerbsäure identisches Tannin vor. Gerade

---

[1]) v Schroeder und Paessler, Ueber die Gerbstoffabsorption der Haut. Dinglers polytechn. Journal. Bd. **284**, 1892, Heft 11—12.

[2]) A. Rollett, Dinglers polytechn. Journal. Bd. **158**, 1861, S. 298.

[3]) W. Fahrion, Neuere Gerbemethoden und Gerbetheorien. Braunschweig 1915, S. 41.

[4]) W. Moeller, Die pflanzlichen Gerbstoffkolloide; eine Theorie ihrer Zusammensetzung und Wirkung auf kolloidchemischer Grundlage. Collegium. Jahrg. 1915, Nr. 548, S. 441.

[5]) G. Powarnin, Praktische Fragen aus der Chemie der Gerbstoffe. Collegium. Jahrg. 1912, Nr. 504.

[6]) W. Moeller, am angeführten Orte S. 442.

dieses wird, wie ich gefunden habe, in Berührung mit fast allen tierischen Geweben sehr leicht hydrolytisch zerlegt und verliert dabei seine kolloiden Eigenschaften. Neben diesem sind in den Gerbdrogen nach Moeller Phlobaphene[1]) sowie in einzelnen Ellagsäure präformiert enthalten, gehen in die wässerigen Gerbauszüge in Pseudolösung mit über, fallen aber bei Berührung mit den Hautfasern unlöslich aus und inkrustieren die Fasern. Nach anderen Autoren sind in verschiedenen Gerbdrogen ganz verschiedene Gerbsäuren präformiert, aus deren wässeriger Lösung sich durch Hydrolyse mit oder ohne Oxydation oder endlich auch durch Kondensation sogenannte Phlobaphene[1]) bilden. Alle diese Stoffe sollen mit den Hautfasern Komplexverbindungen bilden können. Nach M. Nierenstein[2]) sollen alle Gerbsäuren nach dem Typus des Benzoesäurephenylesters $C_6H_5CO \cdot O \cdot C_6H_5$ zusammengesetzt sein und in ihnen die Gruppe $CO \cdot O$ die „tannophore“ sein. Powarnin[3]) endlich verallgemeinert die Nierensteinsche Auffassung dahin, dass er in allen pflanzlichen Gerbstoffen ein „aktives Carboxyl“ annimmt. Das betreffende Sauerstoffatom soll in beständiger Bewegung sein, so dass das Gerbstoffmolekül sowohl als Phenol als auch als Peroxyd, als Keton, als Chinon, als Lakton usw. reagieren kann. Natürlich soll auch die Phlobaphenbildung auf diesem aktiven Carboxyl beruhen. Das Angeführte genügt, um meine Annahme der Bildung diffusionsfähiger Stoffe aus Kolloiden im zweiten Stadium des Gerbprozesses zu rechtfertigen.

Wir sind damit mitten in das schwierige Kapitel der Gerbstoffchemie hineingeraten und müssen zum Verständnis für Mediziner noch einiges hinzufügen.

Der Arzt denkt bei Gerbsäure oder Gerbstoff zunächst immer nur an das Galläpfeltannin, $C_{14}H_{10}O_5 + 2H_2O$, welches nach Emil Fischer und Freudenberg[4]) als Pentadigallolylglukose aufzufassen ist. Bei dem Zerlegen durch tierische Enzyme sowie durch Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren

---

[1]) Weiteres über diese Stoffe siehe im Anhang 1.

[2]) M. Nierenstein, Collegium. 1904, S. 399.

[3]) G. Powarnin, ebenda 1914, S. 633.

[4]) E. Fischer und Freudenberg, Ber. d. Deutschen Chem. Ges. Jahrg. **45**, 1912, S. 915 u. 2709; Jahrg. **46**, 1913, S. 3272. Vgl. Geake und Nierenstein, Arch. der Pharmazie. Bd. **251**, 1913, S. 891 und L. F. Iljin, Ber. d. Deutschen Chem. Ges. Jahrg. **47**, 1914, S. 985.

liefert es neben Zucker Gallussäure, während es früher als Digallussäureanhydrid aufgefasst wurde und keinen Zucker im Molekül enthalten sollte.

Der Formel nach kann die Knopperngerbsäure $C_{14}H_{10}O_5 + 2H_2O$ sowie wohl auch die Sumachgerbsäure $C_{14}H_{10}O_5 + 2H_2O$ damit identisch sein. Von den Formeln anderer Gerbsäuren seien die folgenden genannt:

Eichenholzgerbsäure	$C_{15}H_{12}O_9 + 2H_2O$,
Eichenrindengerbsäure	$C_{17}H_{16}O_9$,
Hemlockgerbsäure	$C_{20}H_{18}O_{10}$,
Quebrachogerbsäure, Chinagerbsäure, Mallettogerbsäure	$C_{19}H_{20}O_9$,
Mangrovegerbsäure	$C_{24}H_{26}O_{12}$.

Von einer Identität dieser mit dem Tannin kann nach meiner Meinung gar nicht die Rede sein. Sie sind vielmehr nach wie vor z. T. als Protokatechin- und z. T. als Pyrogallolderivate aufzufassen.[1]) Ferner sind nicht einmal alle Gerbstoffe als wirkliche Säuren auffassbar; wir müssen sie vielmehr nach Gawalowski[2]) einteilen in 1. Gallussäure, 2. Glykoside der Gallussäure, 3. Digallussäureäther, 4. Cyclogallipharsäuren, 5. deren Glykoside. Noch anders ist die Einteilung der Tannoide von Kunz-Krause, auf die ich hier aber nur verweisen kann.[3]) Nichtsdestoweniger haben diese Gruppen von Stoffen doch gewisse gemeinsame Eigenschaften. Als solche kann man die folgenden aufstellen. Die Gerbsäuren sind z. T. sauer reagierende, aromatische (der Brenzkatechin- bezw. Pyrogallolreihe angehörige) stickstofffreie Substanzen, meist von Glykosid- oder Aethercharakter. Sie haben einen zusammenziehenden Geschmack und zusammenziehende Wirkung auf Schleimhäute. Aus alkoholischer Lösung lassen sich einzelne in Kristallen gewinnen, während die wässerigen Lösungen kolloid sind. Diese wässerigen Lösungen wirken fällend auf Lösungen von Eiweissen, Albuminoiden, Gelatine, Leim, Hausenblasenlösung und von vielen Basen; auch werden sie von tierischer Haut ab-

[1]) Weiteres siehe im Anhang 1.

[2]) A. Gawalowski, Gewichtsanalytische Ermittlung des Gerbstoffgehaltes in Gerbmaterialien. Ztschr. f. analyt. Chemie. Bd. **54**, 1915, S. 403.

[3]) Siehe im Anhang Nr. 2.

sorbiert. Mit Eisenoxydsalzen färben sie sich teils blauschwarz, teils grünschwarz.

Die Benutzung der pflanzlichen Gerbstoffe zur Ledergewinnung nennt man Lohgerberei, während die Weissgerberei Tonerdesalze, die Mineralgerberei Chromsalze und Eisensalze und die Sämischgerberei Fette bezw. Fettsäuren zum Gerben verwendet. Endlich gibt es eine Gerbung mittelst künstlicher Gerbstoffe.

Die Gerbdrogen zerfallen in folgende Gruppen:

1. Rinden, z. B. von Eiche, Fichte, Schierlingstanne (Hemlock), Weide, Birke, Erle, Ulme, Vogelbeerbaum, von Mimosen, Mangroven[1]), ferner Kastanienrinde, Malletrinde von Eucalyptus occidentalis, Cajotarinde.
2. Wurzeln bezw. Wurzelstücke, z. B. von Ratanhia und Tormentilla; weiter die Canaigrewurzel von Rumex hymenosepalus, die Nelkenwurzel, der Wurzelstock von Iris pseudacorus, von Polygonum Bistorta, Statice coriaria. Unter Garouille versteht man die gerbstoffreiche Wurzelrinde der Kermeseiche.
3. Blätter, z. B. die als Schmack bezeichneten des Gerbersumach, Rhus coriaria, die von Coriaria myrtifolia, die des weissen Quebracho, Aspidosperma Quebracho, die von Ledum palustre, Calluna vulgaris, Vaccinium Myrtillus, Vaccinium Vitis Idaea.
4. Hölzer, z. B. von der Esskastanie, von gewissen Eichen, von Juglans nigra und das sogenannte Quebrachoholz, Quebracho colorado, von Schinopsis Balansae und Schinopsis Lorentzii.
5. Früchte und Fruchtteile. Hierher gehören die als Ackerdoppen oder Vallonea bekannten Fruchtbecher orientalischer Quercusarten, die als Trillo bezeichneten Schuppen derselben, die Myrobalanen (von Terminalia Chebula), die Dividivihülsen (von Caesalpinia coriaria), die Algarobillen (von Balsamocarpum brevifolium).
6. Pathologische Bildungen, d. h. Gallen und Knoppern.
7. Extrakte[2]) wie Kino, Katechn, Gambier.

---

[1]) Siehe über Mangroven in Anhang 3.

[2]) Siehe weiteres darüber in Anhang 4.

Viele dieser Kunstausdrücke sind den Medizinern ganz unbekannt, da diese Stoffe sich zufällig nicht als Adstringentien in den Arzneischatz haben einbürgern können. Die botanische Erklärung und Besprechung sämtlicher Drogen würde uns heute hier zu lange aufhalten.

Da die Gerbstoffe keine einheitlichen Stoffe sind, kann ihre Bestimmung in praxi anch nur eine Sammelbestimmung sein. Gawalowski, dessen Untersuchungen wir schon kennen lernten, sagt ganz richtig: „eine einheitlich durchzuführende Gerbstoffanalyse der Gerbdrogen ist unmöglich.“ Bei der von ihm eingeführten Bestimmung als Cupritannate binden z. B. die Sumachgerbstoffe 40—50 % CuO, die Fichtenrindengerbstoffe aber nur 10—15 % CuO.

Zur technischen quantitativen Bestimmung der Gerbstoffmenge einer Droge kann man massanalytisch (nach Löwenthal - v. Schroeder) oder gewichtsanalytisch (nach v. Schroeder) vorgehen. Zur massanalytischen Methode gehören 2 Titrationen eines Gerbauszuges mit Kaliumpermanganatlösung. Bei der einen ist vorher die Gesamtmenge der Tannoide durch Hautpulver entfernt. Die Differenz der beiden Bestimmungen liefert die den Tannoiden entsprechende Permanganatmenge.

Die gewichtsanalytische technische Wertbestimmung der vegetabilischen Gerbstoffe beruht auf ihrer Absorption durch Hautpulver. Durch dieses werden ihre wässerigen Lösungen teils filtriert (Filtermethode), teils werden sie damit geschüttelt (Schüttelmethode). Schliesslich wird festgestellt, wieviel das Hautpulver an Gewicht zugenommen hat. Die dabei zu beobachtenden Einzelheiten des Verfahrens sind durch internationale Abmachung festgesetzt worden. Nun stimmen aber die beiden letztgenannten Methoden untereinander nicht ganz überein; ferner geben auch nach derselben Methode Hautpulver verschiedener Fabriken keineswegs identische Zahlen. Dies ist auch gar nicht zu verwundern, denn Hautstücken verschiedener Körperstellen sind ganz verschieden gebaut.

Wenn es nun richtig ist, dass beide Methoden nach dem von mir Gesagten biologische sind, und dass im ersten Stadium es sich um eine Adsorption an die Oberfläche der Kutisfasern handelt, der im zweiten Stadium eine chemische Verbindung mit dem Zellprotoplasma folgt, so müsste sich eine ganz analoge Wertbestimmung ausarbeiten lassen, wenn statt

toter, grober Klumpen von Kutisfasern irgendwelchen Tieres lebende Blutkörperchen einer bestimmten Tierart in stets gleicher Menge verwendet werden. Diese Methode müsste zunächst daraufhin geprüft werden, ob sie bei botanisch recht verschiedenen Gruppen der Gerbdrogen gleich gut benutzbar ist, denn wir haben ja vorhin erfahren, dass chemisch in verschiedenen Drogen ganz verschiedene Stoffe, ja Stoffgruppen als Adstringentien wirksam sind. Falls diese Blutkörperchenmethode ganz verschiedenen Gruppen gegenüber gleichmässig reagiert, so dürfte sie sowohl zur vergleichenden Wertschätzung aller Adstringentien des Arzneischatzes, als aller Gerbmittel der Lederfabrikation verwendbar sein und vor der Hautmethode voraussichtlich zwei Vorzüge haben, nämlich den der grösseren Genauigkeit und den der grösseren Schnelligkeit der Ausführung. Grössere Schnelligkeit der Ausführung ist deshalb zu erwarten, weil Flächenadsorption von der Oberfläche verdünnt suspendierter Blutkörperchen binnen weniger Sekunden in ihrer ganzen Stärke ausgeübt werden kann, während die Partikelchen des käuflichen Hautpulvers Tausende von Fasern einschliessen, an die der Gerbstoff nur langsam und unvollkommen herankommt. Die durchaus gleichmässige Grösse und Zahl der Blutkörperchen und die leichte Berechenbarkeit ihrer Oberfläche muss selbstverständlich auch grössere Genauigkeit der Bestimmung und namentlich auch eine Intensitätsmessung der adstringierenden Wirkung ermöglichen, während die Hautprobe nur die Menge, aber nicht die Wirkungsstärke des in der fraglichen Droge enthaltenen Gerbmittels uns angibt. Gleichzeitig dürfte durch die neue Methode die Prüfung einer Substanz auf adstringierende Wirkung in den Rahmen der im Reagensglas vor Schülern und im biologischen Praktikum leicht und sicher ausführbaren Versuche einbezogen werden, während bisher nur die Fällung einer Leimlösung und die Dunkelfärbung von sehr verdünnter Eisenchloridlösung vorgeführt zu werden pflegten. Die ausserordentliche Unbeliebtheit, welche die Gruppe der Häutchenbildner bei den Fachpharmakologen hat, dürfte damit wohl für immer beseitigt werden können.

In der Tat haben meine sich nun bereits auf einen Zeitraum von über zwei Jahren erstreckenden Versuche mit sämtlichen im

Handel bekömmlichen Adstringentien des Arzneischatzes und sämtlichen üblichen Gerbmitteln organischer und unorganischer Natur ergeben, dass die Blutkörperchenmethode medizinisch wichtige Aufschlüsse liefert und auch für die Gerbchemiker zum mindesten eine beachtenswerte Ergänzung der Hautpulvermethode bildet. Während nämlich die Hautpulvermethode nur die Menge des Gerbstoffes in einer zu prüfenden Droge zu bestimmen verstattet, gibt die Blutkörperchenmethode die Möglichkeit, die Stärke der Wirkung der verschiedenen Gerbstoffe untereinander zu vergleichen und diesen Vergleich in Zahlen auszudrücken. Bisher sind derartige Vergleichswerte in der Literatur so gut wie nicht vorhanden. Ich habe bisher nur zwei kurze Artikel [1]) über diesen Gegenstand veröffentlicht. Der nachstehende umfasst aber sämtliche Mittel unserer Gruppe. Ich hoffe darin noch deutlicher als in den bisherigen Veröffentlichungen den Nachweis führen zu können, dass die Intensität der Wirkung der einzelnen Adstringentien ganz ausserordentlich verschieden ist, selbst wenn man sie auf gleiche Mengen der reinen Gerbstoffe umrechnet.

III. Ich komme jetzt zur Technik. Blutkörperchen dürfen nur mit möglichst isotonischen Flüssigkeiten in Berührung kommen. Daher müssen die Lösungen aller organischen und unorganischen Gerbmittel vor dem Vermischen mit den Blutkörperchen isotonisch gemacht werden. Für alle pflanzlichen Gerbstoffe ist 0,9 %ige Kochsalzlösung die bequemste isotonische Lösung. Sie wird bei den gegen Kochsalz empfindlichen Gerbstoffen erst im letzten Augenblick durch Eintragen der entsprechenden Kochsalzmenge in das Gerbdekokt hergestellt. Bei Silber- und Bleisalzen sowie bei kolloidalen Metallösungen kann Kochsalz nicht verwendet werden; hier wurde von mir und meinen Mitarbeitern Traubenzucker in etwas hypertonischer, d. h. 4 %iger Lösung verwendet. Die genau isotonische Konzentration erwies sich merkwürdigerweise als weniger gut brauchbar. Rohrzucker anzuwenden ist unpraktisch, da die Lösung doppelt so konzentriert sein muss und deshalb schlecht filtriert. Die Gerbdrogen wurden 1 : 100 bis 1 : 200 mit destilliertem Wasser ½ Stunde lang gekocht

[1]) R. Kobert, Ueber den biologischen Nachweis und die Bewertung von Gerbstoffen. Berichte der Deutschen Pharmaz. Gesellsch. Jahrg. **24**, 1914, S. 470; Collegium. Jahrg. 1915, Nr. 539, S. 108; Nr. 540, S. 154; Nr. 545, S. 321.

und das klare Filtrat, welches natürlich bei vielen dunkelbraun aussah, möglichst bald verwendet. Einzelne Dekokte liessen beim Stehen in der Kälte über Nacht einen Phlobaphenniederschlag ausfallen, der sich aber bei neuem Erhitzen meist wieder löste. Wie Moeller sich ausdrückt, wirkt hier die Gerbsäure als Peptisator auf das Phlobaphen und führt es in Pseudolösung über. Bei sehr schwer löslichen Stoffen, wie z. B. bei den reinen Gerbsäuren der Rinden, enthielten 200 cm³ des Dekoktes nur 0,1 g Substanz. Trotz dieser grossen Verdünnung liessen sich doch recht brauchbare Versuche mit solchen Lösungen machen. Alle Versuche wurden in gleichkalibrigen Reagensgläschen, von denen immer sieben zu einer Versuchreihe gehörten, angestellt. Jedes Gläschen enthielt für gewöhnlich 5 cm³ Flüssigkeit. Diese bestand, abgesehen von dem noch zu besprechenden Zusatz von Blut bezw. Blutkörperchen, in Glas I immer nur aus physiologischer (0,9 %iger) Kochsalzlösung bezw. bei Blei-, Silber- und kolloiden Metallen aus 4 %iger Traubenzuckerlösung. Dieses Glas diente nämlich als Kontrolle für die Brauchbarkeit des Blutes bezw. der Blutkörperchen. Glas II enthielt bei Untersuchung noch unbekannter Drogen meist 5 cm³ des im letzten Augenblick isotonisch gemachten Dekoktes. Glas III enthielt 4 cm³ desselben Dekoktes, Glas IV 3 cm³, Glas V 2 cm³, Glas VI 1 cm³ und Glas VII 0,5 cm³ Dekokt. Dann wurden alle Gläschen bis auf 5 cm³ mit derselben isotonischen Flüssigkeit, die in Glas I war, aufgefüllt und nun erst mit Blutkörperchen bezw. Blut versetzt. Die Frage, ob Gerbmittel empfindlicher mit Blut oder mit serumfreien Blutkörperchen reagieren werden, konnte a priori dahin beantwortet werden, dass das Serum wohl meist hinderlich sein werde, da es ja wie alle Eisweisslösungen einen Teil der adstringierenden Substanz an sich reissen und dadurch die Niederschlagbildung auf den roten Blutkörperchen abschwächen muss. In der Tat ergab sich fast durchgängig, dass vom Serum mittelst elektrischer Zentrifuge abzentrifugierte und dann noch zweimal je einige Minuten mit der dem Serum gleichen Menge von 0,9 %iger Kochsalzlösung gewaschene Blutkörperchen für den Nachweis kleiner Dosen unserer Mittel viel geeigneter sind als noch in Serum suspendierte. Für den Nachweis grosser Dosen ist dagegen die Anwesenheit des Serums ohne Schaden; im Gegenteil,

es vermehrt wesentlich das Volumen des sich bildenden Niederschlages. Für qualitative Versuche ist es demgemäss beizubehalten, für quantitative aber zu entfernen. Ich habe daher bei allen Substanzen mindestens eine Blutkörperchenart und mindestens eine Blutart, letztere natürlich stets defibriniert, angewandt. Da die einzelnen Blut- und Blutkörperchenarten keineswegs alle gleich stark von den Adstringentien beeinflusst wurden, musste eine bestimmte Blutkörperchenart als ausschlaggebend für die durch Zahlenwerte auszudrückenden vergleichenden Versuche ausgewählt werden. Ich habe dazu die Körperchen des Hammelblutes gewählt, obwohl sie von allen Blutkörperchenarten fast die unempfindlichsten sind. Je empfindlicher eine Blutkörperchenart ist, desto grösser ist der mögliche Fehler bei der Bestimmung der Wirksamkeitsgrenze; je unempfindlicher eine Blutkörperchenart ist, desto kleiner ist dieser Fehler. Ich habe wiederholt z. B. Hühnerblutkörperchen neben Hammelblutkörperchen gleichzeitig geprüft und meist weit grössere Empfindlichkeit der Hühnerblutkörperchen feststellen können. Alle Blut- und Blutkörperchenarten halten sich im Eisschrank mehrere Tage lang makroskopisch und mikroskopisch unverändert. Bei nicht sehr stark wirkenden Adstringentien ist es daher gleichgiltig, ob die Blut- bezw. Blutkörperchenarten ganz frisch gewonnen sind, oder ob sie einige Tage im Eisschrank aufbewahrt worden sind; bei der Bestimmung der äussersten Grenze der Wirksamkeit sehr stark wirkender Stoffe ist es aber durchaus erforderlich, ganz frisch gewonnene Blutkörperchen des Hammels zu verwenden, da gerade diese merklich empfindlicher sind als ältere. Ein äusserlicher Grund, der mich nebenbei mit veranlasste, bei der zahlenmässigen Feststellung der Wirkungsstärke die Körperchen des Hammelblutes zu verwenden und diese allgemein zu empfehlen, ist der, dass in allen grösseren Städten Deutschlands Hammelblutkörperchen alltäglich zu der Wassermannschen Reaktion auf Syphilis verwendet werden und daher bereits Handelsware geworden sind. Bei uns hier in Rostock werden seit Jahren die für mich nötigen Blutmengen dank der Liebenswürdigkeit von Prof. Frieboes neben den weit grösseren für den Syphilisnachweis erforderlichen Mengen von zwei kräftigen Hammeln entnommen, die bis jetzt auch nicht das geringste Anzeichen von Blutarmut bieten. Es sind daher alle meine Versuche mit einem

durchaus gleichmässigen Materiale von Hammelblutkörperchen angestellt, wie Schlachthausblut es nimmermehr bieten könnte. Von Blutarten habe ich das in der Nachgeburt gesunder Kinder befindliche, sonst zwecklos weggeworfene, Blut dank der Liebenswürdigkeit von Geheimrat Sarvey seit zwei Jahren verwenden können. Es eignet sich für vergleichende Versuche ganz besonders gut, da es eine durchaus gleichmässige normale Zusammensetzung hat. Im übrigen wurden gelegentlich Blutkörperchen oder Blut von Kaninchen, Meerschweinchen, Rindern, Schweinen, Katzen, Hunden, Hühnern mitbenutzt. Das Heranziehen dieser Blutarten sollte nur den Beweis liefern, dass alle diese sich qualitativ gleichartig und nur quantitativ z. T. recht verschieden verhalten. Natürlich wurde das Blut aller dieser Tiere zunächst durch Schlagen mit einem Holzstöckchen von Fibrin befreit und durch ein Tuch gegossen. Möglichst steriles Verfahren ist selbstverständlich erforderlich. Zum Zusetzen zu den vorhin besprochenen Reagensgläsern benutzte ich Pipetten, die einen cm³ fassten und beim langsamen Ausfliessen des darin enthaltenen Blutes gerade 20 Tropfen lieferten. In diesem Falle entsprachen also 2 Tropfen gerade 0,1 cm³. 2 solche Tropfen, zu je 5 cm³ Flüssigkeit gesetzt, lieferten eine 2 %ige Blutsuspension. Die serumfreien gewaschenen Blutkörperchen wurden mit so viel Kochsalzlösung versetzt, dass sie doppelt so konzentriert waren als Blut, d. h. dass 1 Tropfen aus der erwähnten Pipette gerade ungefähr so viel Blutkörperchen enthielt wie vorher 2 Tropfen Blut. Von dieser Blutkörperchensuspension wurde je 1 Tropfen zu jedem Reagensglas gesetzt und lieferte dann ein Gemisch, das annähernd so viel Blutkörperchen enthielt wie eine 2 %ige Blutsuspension. Bei Tieren, deren Blut dünnflüssiger ist, wie dies bei Kaninchen manchmal der Fall ist, wurde die Intensität der Rotfärbung der Mischungen in den Gläschen als Massstab genommen und eventuell noch je 1 Tropfen Blut zugefügt, um den gewöhnlichen Blutkörperchengehalt der Mischung herbeizuführen. Bei in dieser Weise gleichmässig angestellten Versuchen waren nicht nur in allen Gläschen immer etwa gleich viel Blutkörperchen, sondern auch die für uns hier in Betracht kommende Oberfläche dieser Blutkörperchen war meist ein und dieselbe, nämlich nach H. Vierordt[1]) $100 \times 6{,}3207$ □ cm,

[1]) H. Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. III. Aufl., Jena 1906, S. 204.

d. h. 632,07 □cm, wofern 5 Millionen roter Blutkörperchen in 1 mm^3 gerechnet werden. Für das Placentarblut ist diese Zahl allerdings etwas zu klein; hier können über 6 Millionen roter Blutkörperchen im mm^3 vorhanden sein. Die Fläche würde dann entsprechend zu vergrössern sein. Für das Hammelblut ist jedoch 5 Millionen annähernd das Richtige.

Nachdem zu dem Inhalt der Gläschen je 1 Tropfen Hammelblutkörperchen oder 2 Tropfen Menschenblut zugesetzt war, wurde jedes Gläschen einmal sanft geschüttelt, um die Blutkörperchen ganz gleichmässig in den 5 cm^3 Flüssigkeit zu verteilen und dann die Gläschen bei kühler Stubentemperatur unberührt stehen gelassen und nur von Zeit zu Zeit angesehen. Bei Gläschen II erfolgte in sehr vielen Fällen schon nach wenigen Minuten eine Zusammenballung der Blutkörperchen, da das sich auf ihnen sofort reichlich niederschlagende Adstringens sie entweder locker ausflockt oder zu festen, am Glase unten festklebenden roten Siegellack ähnlichen Massen agglutiniert. In beiden Fällen wird die Flüssigkeit oben rasch klar und unten bildet sich ein roter Bodensatz, während im Kontrollglas noch keine Spur von Veränderung zu merken ist, sondern alle Blutkörperchen noch gleichmässig in der ganzen Flüssigkeit suspendiert sind. In Gläschen III erfolgte die Zusammenballung der Körperchen meist später als in Nr. II, etwa nach $^1/_2$—1 Stunde, und in Nr. VI erst bis zum andern Tage vollständig, während Nr. VII auch dann keine oder nur ganz geringe Veränderungen zeigte. In solchen Fällen musste also etwa bei VI die unterste Grenze der Wirksamkeit des betreffenden Gerbmittels liegen. Genauere Untersuchung von Hunderten solcher Reihen ergab nun, dass diese unterste Grenze der Wirksamkeit prinzipiell auf dreierlei Weise gesucht werden kann, und dass die nach diesen drei Methoden gesuchten untersten Grenzen meist nicht identisch sind. Ich muss sie hier natürlich alle drei besprechen.

Anfänglich begnügte ich mich, lediglich mit dem Auge festzustellen, bis zu welchem Gläschen die völlige Zusammenballung der Blutkörperchen bezw. des Blutes deutlich wahrnehmbar ist. Dies ist meist ganz sicher erkennbar. Bleiben wir bei obigem Beispiel, so ist dies also Glas VI. Diese Grenze wurde von mir als die Augengrenze bezeichnet. War in den Gläschen II—VII das Dekokt aus 50, 40, 30, 20 und 10 mg einer Gerbrinde enthalten

mit 10 % Gerbstoff, so entsprach diese Augengrenze also einer Konzentration von 20 mg Rinde : 5 cm³, d. h. von 20 : 5000 = 1 : 250, berechnet auf Rinde, oder 1 : 2500, berechnet auf Gerbstoff.

Ich habe mich nun weiter bemüht, auch für chemische Anforderungen die Grenze der völligen Ausfällung der Blutkörperchen deutlich kenntlich zu machen. Ich habe dazu zunächst die Filtration, und zwar durch ein sich bei allen Versuchen in bezug auf Grösse, Konsistenz und Dicke gleichbleibendes Filter, gewählt. Als solches fand ich für Proben von je 5 cm³ Volumen das nicht angefeuchtet zu benutzende Filter 598 der Firma Schleicher und Schüll, welches einen Durchmesser von 7 cm hat, am passendsten. Alle Kontrollproben gehen durch dieses wie durch jedes gewöhnliche Filter unverändert durch, d. h. die roten Blutkörperchen werden ihrer ausserordentlich geringen Dimensionen wegen davon nicht zurückgehalten. Die durch Gerbstoff veränderten Blutkörperchen bilden dagegen mit blossem Auge sichtbare Klumpen und gehen daher weder durch ein gewöhnliches, noch durch das von mir gewählte Normalfilter, falls beide unangefeuchtet benutzt werden. Bleiben wir bei obigem Beispiel, so ging der Inhalt von Gläschen I völlig unverändert und der von Gläschen VII fast vollständig ins Filtrat über. Bei Gläschen II—V enthielt das Filtrat weder für das Auge, noch für das Spektroskop Blutkörperchen oder Hämoglobin, und zwar selbst dann nicht, wenn die Gläschen vor dem Aufgiessen einmal umgekehrt und dadurch der Inhalt durcheinandergeschüttelt und der Bodensatz zum Verschwinden gebracht wurde. Das Filtrat war bei allen vier Gläschen durchsichtig und hellbraun oder fast farblos, während die vier Filter die Gesamtmenge der verklebten Blutkörperchen als rote oder braunrote siegellackartige Masse enthielt. Bei Gläschen VI dagegen war das Filtrat, auch wenn zweimal durch dasselbe Filter filtriert wurde, trübe infolge Gehaltes an Blutkörperchen, und auf dem Filter war nur ein Teil der Blutkörperchen in verklebtem Zustande. Die Filtergrenze fällt also hier — wie meist — nicht mit der Augengrenze zusammen, sondern liegt höher, nämlich bei 30 : 5000 = 1 : 166,7, berechnet auf Rinde, und bei 1 : 1667, berechnet auf Gerbstoff. Die Filtergrenze zu erkennen, ist jedem Chemiker leicht möglich.

Ich habe aber auch noch eine dritte Grenze, nämlich die Reaktionsgrenze, festgestellt. Als solche sehe ich das erste Gläschen an, dessen Filtrat nicht mehr auf Gerbstoff mit Eisen-

chlorid und auch nicht mehr auf andere Reaktive reagiert. Es ergab sich dabei, dass diese Reaktionsgrenze fast ausnahmslos noch höher liegt als die Filtergrenze, also im angezogenen Beispiel bei Glas III, also bei 40 : 5000 = 1 : 125, berechnet auf Rinde und bei 1 : 1250, berechnet auf Gerbstoff.

Von den drei Proben, die durch die Augengrenze, die Filtergrenze und die Reaktionsgrenze charakterisiert sind, sehe ich die mittlere als die ausschlaggebende an und habe sie bei allen nachher anzuführenden Gerbstoffen festgestellt, und zwar, wie ich nochmals hervorhebe, für Hammelblutkörperchen, bei Anwendung von 5 cm^3 Flüssigkeit und einem Tropfen gewaschenen Körperchen, die an Menge den in 0,1 cm^3 Hammelblut enthaltenen und einer Fläche von 632,07 □cm entsprechen. Auf einen □cm Blutkörperchenoberfläche käme dann, falls 30 mg Rinde, entsprechend 3 mg Gerbstoff, als Filtergrenze angenommen wird, $\frac{3}{632}$ mg, d. h. 0,0047 mg, und 1 mg Gerbstoff genügt, um $\frac{632}{3}$ = 210,7 □cm Oberfläche der Blutkörperchen zu überziehen und diese dadurch zur Zusammenballung zu bringen.

Bei Gerbmitteln, deren Gerbstoffgehalt nicht bekannt ist, könnte diese Methode der Untersuchung natürlich auch benutzt werden, um diesen zu bestimmen und zwar kann man a priori zwei Wege einschlagen.

Der erste und einfachere Weg ist der, dass man 4 cm^3 des Filtrates des Gläschens IV, d. h. desjenigen, welches die Filtergrenze ergab, eindunstet und den Verdunstungsrückstand vergleicht mit dem von 4 cm^3 einer genau ebenso, nur ohne Blutkörperchen angesetzten und ebenfalls filtrierten Probe. Bei letzterer geht der Gerbstoff eben mit ins Filtrat, bei ersterer aber nicht. Die Differenz des Trockengewichts der Rückstände, mit $^5/_4$ multipliziert, muss die Menge des von den Blutkörperchen absorbierten Gerbstoffes ergeben, hier also 3 mg. Da diese Menge recht klein ist und Wägungsfehler das Ergebnis ungenau machen würden, ist es zu empfehlen, für diese quantitative Gerbstoffbestimmung auf 5 cm^3 Flüssigkeit nicht 1 Tropfen Körperchen, sondern 3—5 zu verwenden und dementsprechend ein 3—5mal stärkeres Dekokt zuzusetzen. Die absorbierte Gerbstoffmenge ist dann 3—5mal grösser und die Differenz der beiden Verdunstungsrückstände fällt so gross aus, dass der Wägungsfehler weniger in Betracht kommt. Natürlich lässt sich auch das Volumen der angesetzten Proben

von 5 cm auf 10, ja 20 vergrössern. Da bei 5 cm³ Volumen das Filtrat ja nie ganze 5 cm³ ist, habe ich angegeben, dass nur 4 cm³ einzudunsten sind. Falls man 10 cm³ angesetzt hat, ist es natürlich sehr leicht, gerade 5 cm³ zum Eindunsten zu verwenden.

Ein zweiter a priori möglicher Weg der quantitativen Gerbstoffbestimmung in unbekannten Drogen ist der, dass man bei Gläschen IV unseres Beispieles, d. h. bei dem, das die Filtergrenze ergab, nicht das Filtrat, sondern den Filterrückstand benutzt, vorsichtig absaugt und mit einem Filterrückstand vergleicht, der durch Zusatz einiger Tropfen Rizinlösung[1]) oder Bohnenphasinlösung[1]) zum Kontrollgläschen gewonnen ist. Der Zusatz dieser beiden, die Blutkörperchen filtrierbar machenden Stoffe erhöht das Gewicht der Körperchen nur sehr wenig; falls man ebensoviel Tropfen auch zu Glas IV setzt, tritt kein Fehler ein. Voraussetzung ist, dass beide Filter Normalfilter sind und vorher getrocknet und gewogen wurden. Die Differenz des Gewichtes beider Filter mit den Filterrückständen nach dem Trocknen ergibt die Menge des von den Blutkörperchen gebundenen Gerbstoffes. Ist die Menge so gering, dass durch Wägungsfehler grobe Irrtümer entstehen könnten, so muss man ein Multiplum verwenden, wie ich dies ja auch für die Benutzung der Filtrate besprochen habe.

Die Ausarbeitung dieser beiden Methoden, denen ich mich jetzt zuwenden werde, hatte erst dann Sinn, wenn durch ausgedehnte Versuchsreihen an möglichst vielen Gerbdrogen und Gerbmitteln daraus sowie an sämtlichen nicht vegetabilischen Gerbstoffen der Nachweis erbracht war, dass sich die vorhin besprochene Filtergrenze wirklich bei allen bestimmen lässt. Diesem Zwecke dient eben dieser mein Vortrag. Es ist mir in der Tat kein einziger Stoff aufgestossen, bei dem sich nach meiner Methode die Filtergrenze nicht hätte bestimmen lassen, wofern der Stoff überhaupt bemerkenswerte Mengen löslicher Gerbsubstanz enthielt.

[Es folgt Demonstration und Berechnung dreier Versuche im einzelnen.]

IV. Ich habe jetzt die Ergebnisse aller Versuche mitzuteilen. Es empfiehlt sich, um eine Uebersicht über die recht

---

[1]) R. Kobert, Beiträge zur Kenntnis der vegetabilischen Hämagglutinine. 2 Teile. Berlin 1913.

verschiedene Wirkungsstärke der einzelnen Mittel gegenüber dreimal gewaschenen Blutkörperchen des Hammels zu bekommen, die Mittel in 8 Klassen zu gruppieren:

Klasse I.	Wirkungsstärke	bis	1 : 100,
„ II.	„	bis	1 : 500,
„ III.	„	bis	1 : 1000,
„ IV.	„	bis	1 : 5000,
„ V.	„	bis	1 : 10000,
„ VI.	„	bis	1 : 25000,
„ VII.	„	bis	1 : 100000,
„ VIII.	„	über	1 : 100000.

I. Klasse.

Von Drogen, deren adstringierende Wirkungsstärke 1 : 100 nicht übersteigt, kommen Rinden, Hölzer, Blätter, Kräuter, Blüten, Schalen in Betracht. Ich nenne Ulmenrinde, Birkenrinde, Holz der Färbereiche, Holz der Esskastanie, Colomborinde, Salbeiblätter, Taxusblätter (frisch), Tabakblätter, Wintergrünkraut, Kosoblüten, Kakaoschalen.

II. Klasse.

Es handelt sich hier um Drogen, deren Wirkungsstärke über 1 : 100, aber nicht über 1 : 500 beträgt. Hierher gehören die Hauptmenge der geprüften Mittel. Sie können in sechs Unterabteilungen geteilt werden.

1. Von Blättern nenne ich die von Eiche, Walnuss, Heidelbeere, Esskastanie, Giftsumach, Rhus aromatica, Hamamelis; ferner Fichtennadeln und Fichtenreisig.
2. Von Hölzern gehören hierher das vom Nussbaum und von der Esskastanie; ferner das Kampechenholz, das blaue Sandelholz und das Kambelaholz, endlich die Taxuszweige und die Nelkenstiele.
3. Von Rinden sind anzuführen die des Walnussbaums und des Rosskastanienbaums, weiter die offizinelle Chinarinde, die Weidenrinde, weniger gute Eichenrinde, weniger gute Fichtenrinde, die Granatbaumrinde, die Hamamelisrinde, die Cotorinde und die der Heritieramangrove.
4. Wurzeln: Radix Ratanhiae, Radix Rhei.
5. Eichelschalen, Arekanüsse, Nelkenblüten.
6. Extrakte: Hamamelin, Sulfitzelluloseextrakt.
7. Reine Stoffe: Gallusssäure.

III. Klasse.

Die Wirkungsstärke dieser Drogen liegt über 1 : 500, aber nicht über 1 : 1000. Hierher gehören von Blättern die des schwarzen Tees und der Preisselbeere, von Rinden die der Esskastanie, bessere Sorten der Fichtenrinde, die Monesiarinde, die Cassiarinde und eine Congo-Mangrovenrinde.

Von Wurzeln ist Radix Tormentillae hierher zu setzen und von reinen Stoffen die als Eutanninum cristallisatum in den Handel kommende Chebulinsäure und das Chinon.

IV. Klasse.

Die Wirkungsstärke der hierher gehörigen Mittel liegt über 1 : 1000, aber nicht über 1 : 5000. Hierher gehören

1. Blätter von Rhus coriaria, Rubus nigra und Arctostaphylos Uva ursi.
2. Rinden gerbstoffreicherer Eichen, der Korkeiche, der Natalmimose und die besseren Mangroverinden (von Ceriops, Brugiera, Sonneratia, Rhizophora), ferner die Malletrinde.
3. Wurzeln: Canaigre und Ganibwurzel.
4. Holz von Quebracho colorado.
5. Früchte: Myrobalanen, Dividivi, Algarobillen, Vallonen, Trillo, Guara.
6. Pathologische Gebilde: Knoppern, chinesische Gallen, Gallnüsse.
7. Extrakte: Kino, Katechn, Gambir, Hemlockextrakt, Quebrachoextrakt.
8. Reine Stoffe: Myrobalanengerbstoff, Quebrachogerbstoff.

V. Klasse.

Die Wirkungsstärke der hierher gehörigen Mittel ist stärker als 1 : 5000 und reicht bis 1 : 10000. Hierher gehören einzelne Muster von ost- und westafrikanischen Mangrovenrinden, ferner die besten Sorten der Gallae halepenses, das Tannoform sowie die gereinigten Gerbstoffe aus Sumach, Dividivi und Myrobalanen.

VI. Klasse.

Die Wirkungsstärke der hierher gehörigen Mittel liegt zwischen 1 : 10000 und 1 : 25000. Hierher gehören die besten Sorten des Galläpfeltannins, der Alaun, berechnet auf Al_2O_3, sowie Zinksulfat und Zinkacetat, berechnet auf ZnO.

VII. Klasse.

Diese umfasst alle Mittel, deren Wirkung über 1 : 25000 bis zu 1 : 100000 hinausgeht. Hierher gehört der von uns gereinigte Eichenrindengerbstoff und ein ebenfalls von uns gereinigter Mangrovengerbstoff aus einer portugiesisch-ostafrikanischen Mangrove.

Von adstringierenden Metallsalzen gehören hierher 1. das Blei in Form des Acetats, berechnet auf PbO, 2. das Silber in Form des Collargols. Bei beiden Substanzen wurde statt physiologischer Kochsalzlösung 4 %ige Traubenzuckerlösung benutzt.

VIII. Klasse.

Hier geht die Wirkung über 1 : 100000 bei ganz frisch benutzten Hammelblutkörperchen noch beträchtlich hinaus. In diese Klasse gehört überhaupt keine vegetabilische Substanz, sondern nur Metallsalze, nämlich 1. das Eisen in Form seiner löslichen Ferriverbindungen, wie Ferrum oxychloratum und Ferrum sulfuricum oxydatum, beide berechnet auf Fe_2O_3, 2. das Kupfer in Form des Cupri-Sulfat, des Cupri-Acetat und des Cupri-Formiat, berechnet auf CuO, 3. das Chrom in Form des Chromalauns und namentlich des Chromformiats, berechnet auf Cr_2O_3.

Während zur Erklärung der starken Wirkungen des Ferrum oxychloratum sowie des Kupferformiats und Chromformiats angeführt werden kann, dass die Lösungen dieser Stoffe ganz reine Kolloidreaktionen den Blutkörperchen gegenüber ermöglichen, kann dies von den Lösungen des Kupfersulfats und Chromalauns keineswegs behauptet werden; die Wirkung muss also der Hauptsache nach von den Ferriionen, Cupriionen und Chromiionen bedingt werden.

Ich möchte aus dem Gesagten folgende **Schlüsse** ziehen.

Die Frage nach der Membran der roten Blutkörperchen ist dahin zu beantworten, dass wohl alle Adstringentien im ersten Stadium ihrer Wirkung bei direktem Kontakt auf der Oberfläche dieser Körperchen Bildungen hervorrufen, welche für das Auge des Unvoreingenommenen den Eindruck einer wohlcharakterisierten Membran machen. In dieser Deutlichkeit ist sie natürlich nicht präformiert, sondern nur als semipermeable Grenzschicht.

Dass sie aber durch diesen einfachen Prozess der Adsorption von Adstringentien so deutlich sichtbar wird, ist ein Beweis dafür, dass sie wirklich im Leben der Blutkörperchen als Membran funktioniert, auch wenn wir sie nicht ohne weiteres gleich sehen können. Damit dürfte diese hochinteressante anatomische Frage vom biologischen Standpunkte aus endgiltig gelöst sein. Einige Einzelheiten über das für mikroskopische Zwecke geeignetste Adstringens und über die mikrochemische Färbbarkeit der Adsorptionsmembran werden später veröffentlicht werden.

Nach der Blutkörperchenmethode lassen sich alle Gerbmittel der Gerbtechnik und alle löslichen Adstringentien der Apotheke, sie seien vegetabilischer oder mineralischer Art oder künstlich hergestellt, bewerten. Da ich lediglich durch physikalisch-chemische Erwägungen darauf gekommen bin, die Blutkörperchenmethode in die Prüfung der Adstringentien einzuführen, ist dies zugleich ein Beweis, dass die Betrachtung biologischer Vorgänge unter physikalisch-chemischem Gesichtswinkel sehr berechtigt und keineswegs fruchtlos ist, ein Standpunkt, den namentlich Professor Traube in Berlin mit Recht jetzt immer wieder betont.

Die Prüfung der Adstringentien mit Hilfe der Blutkörperchen kann nun in zweierlei Weise ausgeführt werden, indem entweder der Prozentgehalt der Droge an Gerbstoff oder die Stärke der Wirkung des Stoffes auf die Blutkörperchen ermittelt wird. Vorläufig habe ich nur nach der zweiten Richtung gearbeitet. Nur bei den wenigen Drogen, deren Gerbstoff in chemisch reiner Form mir vorlag, wie z. B. bei den Galläpfeln, kann man durch Vergleichung der Wirkung der Droge und der des reinen Gerbstoffes den Prozentgehalt der Droge an diesem Gerbstoff ermitteln. Für alle anderen Drogen bedarf es weiterer Versuchsreihen, die den mit Hautpulver analog sind, und über die ich S. 301 Andeutungen gemacht habe.

Bei der Prüfung der Adstringentien hinsichtlich der Intensität ihrer Wirkung auf rote Blutkörperchen haben sich acht Klassen ergeben. Für die Praxis sowohl des Arztes als des Lederfabrikanten hat es natürlich grossen Wert, zu wissen, in welche dieser Klassen ein angebotenes Mittel gehört, da selbstverständlich die der untersten Klassen weniger hoch bezahlt werden müssen als die der höheren Klassen. Für die

bisherigen Analysen, die lediglich den nach der Hautmethode bestimmten Prozentgehalt an Gerbstoff angeben, ist die stillschweigende Voraussetzung, dass alle Gerbstoffe in reiner Form gleich stark wirken, was ich aber durchaus bestreiten muss.

Ich vermute, wie schon gesagt wurde, dass auch zu quantitativen Bestimmungen des Prozentgehaltes von Drogen an wirksamen Stoffen Blutkörperchen verwendbar sind, und ich werde darüber hoffentlich später berichten können. Vorläufig genügt es mir, dargetan zu haben, dass die Bestimmung des Prozentgehaltes einer Droge an Gerbsubstanzen über ihren Wert uns nur ungenügend Aufschluss gibt, während der Intensitätsgrad vermutlich für ihren Wert als Gerbmittel und als Arzneimittel ausschlaggebend ist, möge er einem hohen oder einem niedrigen Prozentgehalt entsprechen. Es ist der Zweck und das Ziel dieses meines Vortrages zu vielseitigen Prüfungen der Richtigkeit dieses meines Ausspruches einerseits Gerber, andererseits Aerzte anzuregen.

Die bisherige Bevorzugung des Galläpfeltannins in der praktischen Medizin für innerliche Zwecke ist eine ganz ungerechtfertigte, da, wie meine Uebersicht zeigt, einige andere Pflanzenstoffe wesentlich stärker wirken. Derivate wie Tannalbin, Tannigen, Tannoform, Tannokoll lassen sich natürlich auch aus diesen stärker wirkenden Gerbstoffen darstellen. Die nach ihrer Zerlegung im Magendarmkanal sich abspaltende Gerbsubstanz dürfte der zersetzenden Wirkung des Darmsaftes viel länger Widerstand leisten als das rapid schnell zerfallende Tannin. Ich möchte dazu anregen, derartige Präparate auf den Markt zu bringen.

Ein Vergleich zwischen der Stärke der adstringierenden Wirkung mineralischer und vegetabilischer Mittel liess sich bisher überhaupt nicht recht machen. Jetzt steht ausser Frage, dass Chromformiat und Cuprisalze alle pflanzlichen sowie die künstlichen Gerbmittel an Stärke bei weitem übertreffen. Wie weit Chromformiat medizinisch verwendbar ist, ist noch ganz ununtersucht. Da es billig und ungefährlich ist, habe ich Herrn Kollegen Frieboes zu eingehender Prüfung aufgefordert. Ob neben Chromgerbung sich eine Kupfergerbung und eine Eisengerbung einzuführen lohnt, mögen Gerbsachverständige entscheiden.

Anhang.

1. Ueber die beiden Gruppen der Gerbstoffe, über Phlobaphene und Blume. Procter hat 1908 folgende zwei Gruppen von Gerbstoffen aufgestellt.

Erste Gruppe, Protokatechinderivate, umfassend die Gerbstoffe des Quebrachoholzes, der Mangroverinden, der Eichenrinde, der Fichtenrinde, der Hemlockrinde, der Mimosenrinde, der Malletrinde, des Catechu und des Gambir. Diesen Gerbstoffen kommen folgende Reaktionen zu. 1. Sie geben mit Bromwasser kristallinische Niederschläge. 2. Sie geben mit Bleizucker und Essigsäure keine Fällung. 3. Sie färben sich mit Ferrisalzen grünschwarz. 4. Sie bilden durch Umwandlung Phlobaphene, bezw. es sind ihnen von vornherein solche beigemischt. Nach M. Nierenstein[1]) enthalten die Phlobaphene eine der Rufigallussäure ähnlich zusammengesetzte Substanz. Nach älterer Auffassung sind es durch oxydative Spaltung entstehende, meist tiefbraun oder braunrot oder rein rot gefärbte, in Wasser an sich nur sehr schwer lösliche Stoffe, durch die sich trockene Rinden von lebenden unterscheiden. 5. Bei der Kalischmelze liefern sie Protokatechin.

Zweite Gruppe der Gerbdrogen, Pyrogallolderivate, umfassend die Gerbstoffe des Kastanienholzes, des Eichenholzes, der Myrobalanen, der Divididi, der Vallonea, der Algarobillen, des Sumach und der Knoppern. Diesen Stoffen kommen folgende Reaktionen zu. 1. Mit Bromwasser kein Niederschlag. 2. Mit Bleizucker und Essigsäure erfolgt dagegen wohl ein Niederschlag. 3. Ferrisalze färben blauschwarz. 4. Statt der Phlobaphene spaltet sich „Blume“ ab, bezw. ist diese präformiert vorhanden. Diese Blume besteht aus Ellagsäure. Nach Nierenstein kommt die Blumebildung zustande durch Oxydation des Gerbsäuremoleküls, Hydrolyse der Ellagsäureglykoside und der Ellagsäure ähnlichen Stoffe. 5. Bei der Kalischmelze entsteht Pyrogallol.

Einzelne Drogen gehören gleichzeitig in beide Gruppen, so z. B. Eichen- und Fichtenrinde.

---

[1]) M. Nierenstein, The Leather World. 1914, Nr. 11.

2. **Die Einteilung der Tannoide nach Kunz-Krause**[1]; danach werden mit Recht die beiden grossen Gruppen der glykosidischen und der nicht-glykosidischen Tannoide unterschieden.

Von den nicht-glykosidischen sind als Ausgangsverbindungen oder Tannogene die Oxysäuren der Benzolreihe, nämlich Protokatechusäure und Gallussäure, sowie die Oxysäuren der Stryolreihe, vor allen die Dioxyzimtsäure (Kaffeesäure) zu nennen. Nächst den Tannogenen sind von nicht-glykosidischen Stoffen die Protokachutannoide und die Gallotannoide (Digallussäureanhydrid, Trigallussäureanhydrid) zu nennen.

Die glykosidischen Gerbstoffe zerlegt Kunz-Krause in Glykotannoide und in Phloroglukotannoide. Zu den Glykotannoiden gehört das glykosidische Galläpfeltannin, die Kaffeegerbsäure und die Chinagerbsäure. Zu den Phloroglukotannoiden gehören die Quebrachogerbsäure, die Catechngerbsäure, das Catechin, die Filixgerbsäure, die Hopfengerbsäure, die Ratanhiagerbsäure, die Kastaniengerbsäure, die Tanacetumgerbsäure, das Kolanusstannoid und die Oenotannoide des Weines.

---

3. **Ueber Mangrovenrinden.** Der Ausdruck Mangroven bezeichnet nicht etwa eine Familie oder Unterfamilie des natürlichen Pflanzensystems, sondern es ist ein pflanzengeographischer Begriff für alle tropischen Bäume derjenigen Küstenstrecken, die zur Flutzeit unter Wasser stehen. Diese Bäume müssen, um gegen die schädigende Wirkung der 4 %igen Salzlösung des Meerwassers geschützt zu sein, eine dicke, undurchlässige Rinde haben und diese ist meist gerbsäurereich. Man unterscheidet ein Ost- und ein Westmangrovengebiet. Das Ostmangrovengebiet erstreckt sich von Ostafrika über Asien und Mikronesien. Die wichtigsten Pflanzen dieses Gebietes sind Rhizophora conjugata und mucronata, Ceriops Candolleana, Brugiera Gymnorhiza. Das Westmangrovengebiet umfasst die westafrikanische und die amerikanische Küste. Hauptvertreter sind Rhizophora Mangle, Avicennia tomentosa und nitida, Laguncularia racemosa. Für uns in Deutschland haben namentlich die ostafrikanischen Mangroverinden Bedeutung.

[1] Kunz-Krause, Pharmaz. Zentralhalle. Jahrg. **39**, S. 401, 421, 441, 913 u. 936; Realencykl. d. ges. Pharmazie, zweite Aufl. Bd. **12**, 1909, S. 29.

4. **Ueber Gerbextrakte.** Zu medizinischen Zwecken sind einzelne Trockenextrakte seit sehr langer Zeit in Gebrauch, namentlich Kino, Catechu und Gambir.

Kino stammt 1. von Pterocarpus Marsupium Roxb. (Legum.), 2. von Eucalyptus resinifera Sm., 3. von 15 anderen Eucalyptusarten, 4. von Pterocarpus erinaceus Poir. in Deutsch-Ostafrika und Senegambien. 5. Buteakino, stammt von Butea monosperma und Butea minor. Das Pterocarpuskino entfliesst Einschnitten der Rinde des sehr dicken, vorhin genannten Baumes und erstarrt an der Sonne. Es ist nicht kristallinisch, schmeckt süsslich. In kochendem Wasser löst es sich klar. Eisenoxydsalze färben grünlich. Kino enthält 75—80 % Kinogerbsäure, ferner Kinorot, Brenzkatechin, Kinoin, Wasser, Asche 6 %. Die Kinogerbsäure fällt durch verdünnte Mineralsäuren aus. Das Kinorot ist ebenfalls in Wasser schwer löslich und wird von Leim gefällt.

Pegu-Catechu stammt von Acacia Catechu Willd. in Pegu (Hinterindien) und kommt von Rangoon, dem Hafen Pegus, zu Schiffe nach Europa. Man kocht das Kernholz aus. Manchmal wird es in Blätter gehüllt. Immer ist es sehr dunkel, fast schwarzbraun. Es ist nur in kochendem Wasser löslich (d. h. das Catechin). Alkohol löst gut. Eisenoxydsalze färben grün. Ausser Catechin ist Catechugerbsäure und etwas Quercetin vorhanden. Reines Catechin ist weiss, nadelig, es wirkt auf Leim nicht fällend. Es geht in Lösung leicht in Anhydride über. Das wichtigste Anhydrid ist die Catechugerbsäure; diese wirkt auf Leim fällend. Catechu enthält 2—4 % Asche und 15 % Wasser. Das Catechin wirkt nur färbend (durch Oxydation), die Catechugerbsäure nur gerbend.

Gambir = gelbes Catechu ist ein Extrakt der jungen Stengel und Blätter von Nauclea Gambir Hunt. = Uncaria Gambir Roxb. = Ourouparia Gambir Baill. (Rubiac.) im südlichen Indien und dem malaiischen Archipel. Schon 1870 gab es über 60000 Plantagen dafür. Singapore exportierte schon 1896 49 Millionen Kilo. Die lehmartig aussehende geronnene Masse wird in Würfel oder Scheiben zerlegt. Sekundär färben diese sich braun. Frisch schmeckt er süss und riecht aromatisch. Das Mikroskop zeigt ein Hanfwerk von Nadeln. Kochendes Wasser löst. Leimlösung wird stark gefällt. Enthält: Catechin, Catechugerbsäure und Ester dieser Substanzen mit einem fluorescierenden

Stoffe, Gambirfluorescin. Ferner 1,6—2,6—5,27 % Asche und 13,46 % Wasser. Nach Lauffmann wird die Herstellung von Catechu und Kino bisher noch immer in sehr wenig sachgemässer Weise in Ostindien betrieben. Dagegen werde von Gambir in letzter Zeit in völlig neuzeitlich eingerichteten Fabriken ein wesentlich besseres Erzeugnis hergestellt. So hat der Indragiri-Gambir, wie Paessler[1]) fand, einen sehr viel niedrigeren Gehalt an Unlöslichem und einen höheren Gehalt an gerbenden Stoffen und liefert auch ein heller und gleichmässiger gefärbtes Leder wie der gewöhnliche Gambir. Ich selbst freilich fand den ganz frisch bezogenen Gambir weniger wirksam als den ganz alten unserer Sammlung. Ueber chinesisches Brotgambir haben Sommerhoff und Apostolo[2]) Untersuchungen angestellt. Es enthält 5 % leicht lösliche Aschensalze (Kalk und Magnesia) sowie 0,52 % Stickstoff. Mir war dieses Präparat nicht zugängig.

Betreffs weiterer Extrakte, die sämtlichst bisher nur zu gerbtechnischen Zwecken, aber noch nie an kranken Menschen verwendet worden sind, möge es genügen, eine Tabelle des Gerbgehaltes dieser Extrakte nach dem Schüttel- und nach dem Filtrierverfahren anzuführen, sowie eine zweite Tabelle, die um einen Vergleich zu ermöglichen, die Gerbgehalte der wichtigsten modernen Gerbdrogen wiedergibt. Die Zahlen in Klammern geben bei beiden Tabellen die Breite der Schwankungen an.

I. Gerbgehalt der wichtigsten Extrakte nach Lauffmann.

Nr.	Extrakt aus	Schüttelverfahren	Filtrierverfahren
1	Eichenholz	24,5 (21—27)	26,5 (23—29)
2	Kastanienholz	28,0 (23—31)	30,0 (25—33)
3	Quebrachoholz, flüssig	33,0 (28—38)	35,0 (30—40)
4	Dasselbe, fest	62,0 (56—68)	65,0 (60—70)
5	Mimosenrinde	30,7 (28—40)	32,8 (31—39)
6	Mangrovenrinde	30,7 (20—34)	32,3 (22—36)
7	Fichtenrinden	21,6 (19—23)	24,6 (22—26)
8	Myrobalanen	25,5 (22—27)	28,7 (25—31)
9	Sumach	24,0 (21—28)	26,8 (23—31)
10	Blockgambir	27,0 (23—33)	39,0 (35—45)
11	Würfelgambir	40,0 (33—43)	55,0 (48—58)

[1]) Deutsche Gerber-Zeitung 1908, Nr. 273; Collegium Nr. 341, 1909, S. 16.
[2]) E. O. Sommerhoff und C. Apostolo, Collegium. Jahrg. 1914, S. 504.

II. Gerbgehalt der wichtigsten Gerbdrogen nach Lauffmann.

Nr.	Gerbmittel	Schüttel-verfahren	Filtrier-verfahren
1	Eichenrinde	9,0 (5—16)	10,0 (6—17)
2	Fichtenrinde	9,5 (5—16)	11,5 (7—18)
3	Mimosenrinde	31,5 (20,5—46,5)	33,0 (22—48)
4	Ost-Mangroverinde	34,5 (28,5—48,5)	36,0 (30—50)
5	West-Mangroverinde	22,5 (14—28)	24,0 (16—30)
6	Malletrinde	38,0 (31—52)	42,0 (35—56)
7	Valonea (Vallonea)	27,0 (14—36)	29,0 (16—38)
8	Trillo, d. h. Valonea-Schuppen	37,0 (31—47)	40,0 (34—50)
9	Myrobalanen	30,0 (21—44)	34,0 (25—48)
10	Myrobalanen, entkernt	45,0 (35—53)	50,0 (40—58)
11	Dividivi	36,5 (20—45)	41,5 (25—50)
12	Algarobilla	—	43,0 (35—52)
13	Knoppern	27,5	30,0 (24—40)
14	Sizilianischer Sumach	23,0 (18—31)	25,0 (20—33)
15	Quebrachoholz	19,0 (13—25)	20,0 (14—26)
16	Kastanienholz	13,1 (7—16)	14,0 (8—17)

Der Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitfähigkeit einiger flüssigen und festen Salzlösungen in Wasser.

Mit 17 Tabellen und Tafel 13 u. 14.

Von

Otto Gropp-Rostock.

Eingegangen bei der Redaktion am 30. Dezember 1915.

I. Einleitung.

Von den Messungen, die bisher auf dem Gebiete der elektrolytischen Leitfähigkeit angestellt worden sind, um zur Kenntnis der wässerigen Salzlösungen und ihrer Abhängigkeit von der Temperatur beizutragen, sind eine grosse Anzahl in der Nähe von 18^0 C. ausgeführt worden. Es kam bei diesen Untersuchungen hauptsächlich auf die Aufstellung von Temperaturkoeffizienten für kleinere Intervalle an.[1])

Für Temperaturen bis zu 100^0 kommen nur wenige Arbeiten in Betracht. So hat Sack[2]) Kupfervitriollösungen unter 1 fach normal von 0^0 bis 100^0, desgleichen Krannhals[3]) eine Reihe von Salzlösungen von 1 fach normal abwärts, Lyle und Hosking[4]) verschiedene Konzentrationen von 7 fach bis 1 fach normal von Na Cl, Hosking[5]) dieselben Konzentrationen von Li Cl und

[1]) Landolt und Börnstein, Tabellen. 4. Aufl. 1912. Tab. 240. F. Kohlrausch und L. Holborn, Leitvermögen der Elektrolyte.

[2]) P. Sack, Wied. Ann. **43**, p. 212. 1891.

[3]) Krannhals, Ztschr. f. phys. Ch. **5**, p. 250. 1890.

[4]) Th. R. Lyle und R. Hosking, Phil. Mag. (6), **3**, p. 487. 1902.

[5]) R. Hosking, Phil. Mag. (6), **7**, p. 469. 1904.

Trötsch[1]) einige Lösungen verschiedener Konzentration von 0° bis 80° untersucht. Ferner sind für Temperaturen zwischen 0° und 100° die Arbeiten von A. A. Noyes[2]) und G. Dickhaus[3]) zu nennen. Die Bestimmungen der Leitfähigkeiten oberhalb 100° beschränken sich meist auf Messungen an festen Salzen. J. Rosenthal[4]) hat so z. B. die Leitfähigkeiten verschiedener Salze bei Temperaturen zwischen 100° und 350° bestimmt.

Bestimmungen des Leitvermögens unterhalb 0° sind von Dorn und Völlmer[5]) an HCl bis —80°, von Kunz[6]) an sehr konzentrierten Lösungen bis —40° und desgleichen von Hechler[7]) bis —36° ausgeführt worden. Bei allen diesen Versuchen befand sich der Elektrolyt im flüssigen Aggregatzustande.

Die vorliegende Arbeit bringt einerseits für die Temperaturen oberhalb 0° weiteres Material über die Leitvermögen und Temperaturkoeffizienten, andererseits gibt sie Aufschluss über die Aenderung der Leitfähigkeiten mit der Abnahme der Temperatur von 0° bis —80°. Zu ersterem Zwecke wurden 14 wässerige Salzlösungen von verschieden starken Konzentrationen, von 0.5 fach bis 8 fach normal, auf das Leitvermögen hin bis zu 100 resp. 108° untersucht. Ausserdem wurden noch von KBr, von dem vier verschiedene Konzentrationen hergestellt wurden, der Dissoziationsgrad von 0° bis 100° und die prozentische, äquivalente Dichteänderung bestimmt. Zur Feststellung der Leitfähigkeitsänderungen bis —80° wurden 11 Salzlösungen untersucht. Jedoch gelang es bei etlichen Elektrolyten nicht mehr, die Leitvermögen bis —80° zu bestimmen, da die benutzten Methoden wegen der Kleinheit der Leitfähigkeiten schliesslich versagten.

Während die Leitvermögen der flüssigen Lösungen in dem ganzen untersuchten Temperaturintervall regelmässig verlaufen[8]), treten bei den festen Lösungen eigentümliche Sprünge bei gewissen Temperaturen auf, die mit kryohydratischen Punkten

---

[1]) J. Trötsch, Wied. Ann. **41**, p. 259. 1890.

[2]) A. A. Noyes, Wash. Carnegie Institution. 1907.

[3]) G. Dickhaus, Inaug.-Diss. Bonn 1912.

[4]) J. Rosenthal, Wied. Ann. **43**, 700. 1891.

[5]) E. Dorn und B. Völlmer, Wied. Ann. **60**, p. 468. 1897.

[6]) J. Kunz, Ztschr. f. phys. Ch. **42**, p. 591. 1903.

[7]) W. Hechler, Diss. Münster 1903. Ann. d. Phys. **15**, p. 157. 1904.

[8]) Die kleinen Diskontinuitäten des Leitvermögens bei allmählich geänderter Temperatur, die G. Dickhaus (Diss. Bonn 1912) beobachtet hat, kommen hier nicht in Betracht.

der Salze in Zusammenhang zu stehen scheinen. Ferner zeigten sich während des Versuchs bei etlichen Elektrolyten Erscheinungen, die den elektrolytischen Ventilwirkungen und Erscheinungen bei der Elektrolyse flüssiger Lösungen und des Glases ähnlich sahen.

Was die Genauigkeit anbetrifft, so muss von vornherein darauf hingewiesen werden, dass sie bei der geringen Erfahrung über das Arbeiten mit festen Lösungen und wegen der Schwierigkeiten einer genauen Temperaturbestimmung bei tiefen Temperaturen nur eine mässige sein konnte.

II. Lösungen.

Zur Untersuchung gelangten Lösungen von folgenden Salzen und Konzentrationen: eine 8fach aequivalente Normallösung von LiBr[1]), eine $^7/_1$ n · NaJ-, $^7/_1$ n · $^1/_2$ $CaCl_2$-, $^5/_1$ n · $^1/_2$ $CaCl_2$-, $^6/_1$ n · $LiNO_3$-, $^4/_1$ n · KBr-, $^4/_1$ n · NaBr-, $^4/_1$ n · NH_4Br-, $^1/_1$ n · LiCl-, $^1/_1$ n · NaCl-, $^1/_1$ n · NaJ-, $^2/_1$ n · KBr-, $^1/_1$ n · KBr- und $^1/_2$ n · KBr-Lösung. Die Salze, die zur Herstellung der Lösungen benutzt wurden, sind sämtlich als chemisch reine Präparate von Kahlbaum-Berlin bezogen und vor dem Gebrauch im Exsikkator getrocknet worden. Das NaJ wurde ausserdem noch vorher geglüht. Die untersuchten $^1/_2$ $CaCl_2$-Lösungen sind durch Verdünnung hergestellt worden. Die übrigen Lösungen sind durch Abwägen hergestellt worden bis auf die geringeren Konzentrationen von KBr, die aus der stärksten Konzentration durch Verdünnung nach Volumen erhalten wurden. Die Bestimmungen des spezifischen Gewichtes erfolgten mit der Mohrschen Wage bei 18° C. und sind auf Wasser von 18° bezogen ($s_{18/18}$).

Ferner wurden für die meisten Elektrolyte die spezifischen Gewichte bei den Versuchstemperaturen 0, 18, 48, 78 und 100° nach der Pyknometermethode bestimmt (vergl. VI. a). Für die Messungen wurden Pyknometer von 10 ccm Inhalt benutzt. Bei den $^1/_2$ $CaCl_2$-Lösungen, der LiBr-, $^7/_1$ n · NaJ- und $LiNO_3$-Lösung erfolgten jedoch nur drei Bestimmungen bei 0, 15 und 100°, aus

---

[1]) Für 8fache aequivalente Normallösung von LiBr soll in abgekürzter Form $^8/_1$ n · LiBr-Lösung geschrieben werden, und entsprechend für die anderen Lösungen. Die Konzentrationsangaben sind in dieser Ausdrucksweise auf ganze Zahlen abgerundet. Die genauen Konzentrationsangaben befinden sich in den Tabellen.

denen die fehlenden berechnet wurden[1]). — Die Bäder für die einzelnen Temperaturen waren hierbei dieselben wie bei der Bestimmung der Leitfähigkeiten (vergl. V.).

III. Messmethoden.

Die Bestimmung der Leitvermögen erfolgte bei Widerständen bis zu $5 \cdot 10^5$ Ohm mit Kohlrauschs Telephonmethode. Zu den Messungen wurden eine Walzenbrücke, ein Bellsches Telephon und induktions- und kapazitätsfreie Vergleichswiderstände von 10^2 bis 10^5 Ohm gebraucht. Den Wechselstrom erzeugte ein kleines Induktorium, welches mit einem Leclanché-Element betrieben wurde. Der Brückendraht wurde vor Beginn der Versuche mit einem Präzisionsrheostaten galvanometrisch kalibriert. Die festgestellten Korrekturen für den Brückendraht wurden alsdann graphisch aufgetragen und zu einer Kurve verbunden, aus der die Korrekturen für die Berechnungen entnommen worden sind. Die Korrektionsgrössen reichten bis zum Schluss der Versuche aus, was ab und zu mit dem Leitvermögen schon gemessener Elektrolyte konstatiert wurde[2]).

Bei grösseren Widerständen bis zu 10^8 Ohm trat an die Stelle der Messung mit Wechselstrom die Bestimmung mit Gleichstrom in der Brückenschaltung. Sie erfolgte mit einem Vergleichsrheostaten von 10^5 Ohm und einem Präzisionsrheostaten, von dem sich die Widerstandsverhältnisse von $1 : 10^4$ bis zu $10^3 : 10^4$ abnehmen liessen. Die Widerstände des Rheostaten mit 10^5 Ohm wurden vor dem Gebrauch auf ihre Genauigkeit geprüft. Bei den Messungen mussten die Widerstände auf dem Präzisionsrheostaten so abgeglichen werden, dass bei Einschaltung des Stromes in dem durch ein Fernrohr beobachteten Galvanometer keine Ablenkung aus der Ruhelage eintrat. Als Stromquelle wurden Batterien von 42 Volt benutzt; bei der Benutzung solch hoher Spannung kann der Fehler, der durch die Polarisation verursacht wird, vernachlässigt werden, wenn für kurz dauernden Stromschluss mit wechselnder Richtung bei der Abgleichung gesorgt wird[3]).

---

[1]) Kohlrausch, Praktische Physik. 1911, p. 171:

$$v_t = v_0 (1 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2).$$

[2]) Kohlrausch und Holborn, p. 41 f.

[3]) F. Kohlrausch, Prakt. Physik, p. 469, 3 c.

Zur Bestimmung von Widerständen bis zu 10^{10} Ohm wurde die Methode der Messung von Spannung und Stromstärke benutzt, aus denen dann der Widerstand berechnet wurde. Als Messinstrumente wurden bei dieser, wie bei der vorigen Methode zwei Drehspulenspiegelgalvanometer von Hartmann und Braun und von Siemens und Halske benutzt, die bei einem Widerstand von 47, bezw. 200 Ohm bei 2000 p. Skalenabstand, 1 p. Ausschlag für $3 \cdot 10^{-9}$ bezw. $1{,}5 \cdot 10^{-8}$ Ampère liefern und bei aperiodischer Dämpfung eine Einstellungszeit von 5,5 bezw. 2 sec besitzen. Um das Galvanometer vor Kurzschluss zu bewahren, wurde der Rheostat mit 10^5 Ohm vorgeschaltet. Ausserdem befand sich in der Versuchsanordnung ein Viernapfumschalter, der es gestattete, den Strom in beiden Richtungen durch die elektrolytische Zelle zu senden. Je nach der Grösse der zu messenden Widerstände wurden die Spannungen 72, 144, 220 oder 440 Volt gebraucht. Bei Schliessung des Stromkreises zeigte dann das durch ein Fernrohr beobachtete Galvanometer eine Ablenkung, der eine bestimmte Stromstärke entsprach. Das Galvanometer wurde geeicht. Aus den bei der graphischen Auftragung, bei der die Ablenkungen als Abszisse und die Stromstärken als Ordinate aufgetragen wurden, zu einer Kurve ausgezogenen Eichpunkten konnten ohne weiteres die den Ablenkungen des Galvanometers entsprechenden Stromstärken entnommen werden.

IV. Widerstandsgefässe und Bestimmung der Widerstandskapazität.

Zur Bestimmung des Leitvermögens der Elektrolyte in flüssigem Zustande bis 0^0 diente ein Widerstandsgefäss mit veränderlicher Kapazität von U-Form[1]. Die Kapazität des Gefässes wurde entsprechend der Teilung an der äusseren Gefässwand von 0 bis 45 in Intervallen von 5 zu 5 Teilstrichen und jedes Mal bei gleich hoher Elektrodeneinstellung gemessen. Als Normalflüssigkeit wurde eine $^1/_1$ n · KCl-Lösung verwendet. Die Bestimmung erfolgte immer bei 18^0 durch drei Einstellungen auf der Brücke. Das Leitvermögen der KCl-Lösung wurde aus Kohlrausch und Holborn Tab. 13 entnommen. Es ergab sich dann, wenn c die Kapazität, $\varkappa$ das Leitvermögen und ω der mit der Brücke gemessene Widerstand ist:

$$c = \varkappa \cdot \omega .$$

[1] F. Kohlrausch und L. Holborn, p. 20, Fig. 17.

Für die einzelnen Lösungen wurde durch Ausprobieren die für die Messungen günstige Elektrodeneinstellung erhalten.

Bei den Bestimmungen der Widerstände in den gefrorenen Elektrolyten wurde jedoch dieses Widerstandsgefäss wegen der Gefahr des Springens nicht verwendet. Benutzt wurden gewöhnliche, dünnwandige Reagenzgläser von ungefähr 1.2 cm Durchmesser und 15 cm Länge. Die Elektroden bestanden aus ungefähr 1 qcm grossen Platinblechen, welche mit Platindrahtansatz versehen waren. Der Platindraht war mit seinem freien Ende in eine 2.5 mm dicke Glasröhre eingeschmolzen. In das offene Ende der Glasröhre wurde ein Kupferdraht eingeführt. Den Kontakt zwischen dem Platindraht und Kupferdraht stellte Quecksilber her. Die Elektroden werden übereinander in einem Abstande von etwas mehr als 1 cm angebracht und die Glasröhren durch einen Kork, der gleichzeitig das Reagenzrohr schloss, zusammengehalten. Die Elektroden berührten die Wand des Reagenzgefässes nicht und befanden sich ständig in einem Abstande von mehr als 1 cm vom Boden. — Die Kapazität der gebrauchten Reagenzgläser wurde vor jedem Versuche bei 18^0 mit der Lösung bestimmt, welche untersucht werden sollte, nachdem das Leitvermögen dieses Elektrolyten vorher noch einmal mit dem zuerst beschriebenen Widerstandsgefäss nachgeprüft worden war.

Die Elektroden wurden nach Bedarf mit einer verdünnten Lösung von $H_2PtCl_6 + 0.4$ Bleiacetat platiniert.

V. Temperaturen, Bäder und Thermometer.

Die Leitfähigkeiten der $^2/_1$, $^1/_1$ und $^1/_2$ Normallösungen von KBr wurden in dem Temperaturintervall von 0^0 bis 100^0 und die der übrigen, in § II angegebenen Elektrolyte von -80^0 bis $+100^0$ resp. 110^0 untersucht. Bei den Temperaturen unter 0^0 wurde fast immer von Grad zu Grad abgelesen, um ein möglichst genaues Bild von der Aenderung des Leitvermögens mit der Aenderung der Temperatur zu erhalten. Von 0^0 ab aufwärts wurden Bestimmungen nur in der Nähe der Temperaturen 0^0, 18^0, 48^0, 78^0, 100^0 resp. 110^0 vorgenommen.

Zur Erzielung einer möglichst konstanten Temperatur bei -80^0 wurde folgende Anordnung getroffen. Ein ungefähr 25 cm hohes Dewarsches Gefäss wurde in ein 6 l enthaltendes, mit einem Filzmantel versehenes Gefäss gestellt und ringsum mit einer Koch-

salzkältemischung umgeben. Dann wurde in das Dewarsche Gefäss eine Kohlensäure-Aether-Kältemischung mit einem Ueberschuss von Kohlensäure und ein zweites, kleineres Dewarsches Gefäss gebracht. Nachdem letzteres gleichfalls mit einer Kohlensäure-Aether-Kältemischung gefüllt war, wurden in dieses das vorgekühlte Reagenzwiderstandsgefäss und das Thermometer eingelassen. Das Dewarsche Gefäss wurde mit einem Kork verschlossen und dann das Ganze mit einem etwas angefeuchteten Tuch bedeckt, aus dem nur der oberste Teil des Widerstandsgefässes und das Thermometer herausragten. Durch den grossen Temperaturunterschied zwischen der Kältemischung und der Zimmertemperatur bildete sich gewöhnlich ein Feuchtigkeitsbeschlag an den Zuleitungsdrähten, der vor den Ablesungen durch sorgfältiges Abtupfen mit Fliesspapier entfernt werden musste (vergl. auch p. 12). Der Temperaturanstieg betrug im Durchschnitt für das Intervall von -80^0 bis -65^0 drei Stunden und für das von -65^0 bis -60^0 gewöhnlich eine halbe Stunde. Von -60^0 ab wurde der Anstieg so schnell, dass eine einigermassen genaue Ablesung unmöglich war.

Für Messungen von -60^0 ab wurde deshalb die Anordnung geändert. Das wie vorhin eingepackte grössere Dewarsche Gefäss wurde mit Petroleum oder Toluol, das in einer Kohlensäure-Aether-Kältemischung bis auf ungefähr -65^0 abgekühlt war, vorgekühlt. Dann wurde das Toluol wieder ausgehebert, von neuem bis auf -65^0 abgekühlt, in diesem Bade gleichzeitig das Thermometer und das Reagenzwiderstandsgefäss mit dem Elektrolyten vorgekühlt und schliesslich Badflüssigkeit, Thermometer und Widerstandsgefäss in das Dewarsche Gefäss gebracht. Die Temperatur stieg in je 2 bis 2.5 Minuten um einen Grad.

Um das Leitvermögen der Elektrolyte bei 0^0 bestimmen zu können, wurde das U-förmige Widerstandsgefäss in klein gestampftes Eis gebracht. Für die Messungen bei 18^0 und 48^0 wurde die gewünschte Temperatur in einem 12 l fassenden Wasserbad, das ringsum mit Watte und Filz umgeben war, hergestellt und das Widerstandsgefäss und Thermometer eingetaucht. Den Temperaturausgleich besorgte ein mit einem kleinen Motor betriebener Rührer. Bei 18^0 war die Temperatur gut konstant und ebenfalls bei 48^0, wo sie innerhalb 10 Minuten durchschnittlich um 0.7^0 sank. Zur Herstellung der Temperaturen 78^0, 100^0 und 110.8^0 wurden die Siedetemperaturen des Alkohols, Wassers und

Toluols benutzt. Das Widerstandsgefäss und Thermometer wurden in den Dampfraum eines Siedegefässes eingelassen. Der entweichende Alkohol- und Toluoldampf wurden mittels Rückflusskühler wieder aufgefangen. Die Temperaturen 78°, 100° und 110.8° konnten beliebig lange konstant gehalten werden.

Zur Temperaturbeobachtung diente für das Temperaturintervall von —80° bis —60° ein in $^1/_{10}$ Grade geteiltes Petrolätherthermometer, für —60° bis —34° ein in ganze Grade geteiltes Pentanthermometer, für —34° bis —8° ein in $^1/_{10}$ Grade geteiltes Quecksilberthermometer, für —8° bis +100° ein in $^1/_5$ Grade geteiltes Quecksilberthermometer. Bis auf das letzte, das mit einem Normalthermometer verglichen war, waren alle Thermometer in der physikalisch-technischen Reichsanstalt geeicht und mit Eichscheinen versehen.

Bei der Anordnung der Versuche musste darauf geachtet werden, dass das Thermometergefäss und der Elektrolyt sich in den Bädern immer in gleicher Höhe befanden. Darum konnte es nicht vermieden werden, dass zuweilen der Thermometerfaden recht beträchtlich aus dem Bade herausragte und zu grossen Temperaturkorrektionen Veranlassung gab; besonders war dies beim Pentanthermometer der Fall. Zur Feststellung der Korrektion wurde die umgebende Lufttemperatur mit einem Hilfsthermometer gemessen, dessen Gefäss sich ungefähr in der Mitte des herausragenden Fadens befand. Bei den Versuchen mit tiefen Temperaturen drückte die Kältemischung die umgebende Lufttemperatur um 6 bis 7° herunter. Um den Unterschied der Temperaturen im Bade und in der Luft noch mehr zu vermindern, wurde, so oft es im Winter Temperatur und Wetter zuliessen, die ganze Anordnung im Freien aufgebaut. — Bei den hohen Temperaturen war gewöhnlich eine Temperaturerhöhung der umgebenden Luft zu verzeichnen, da die Korke die Siedegefässe nicht immer dicht schlossen und so Dampf nach aussen entweichen konnte.

Wegen der geringen Konstanz bei den Temperaturen unter 0° war es nun aber noch möglich, dass der Temperaturanstieg in dem Elektrolyten und der umgebenden Badflüssigkeit nicht gleichmässig und parallel vor sich ging. Zur Kontrolle wurde ein Versuch von —80° bis —60° durchgeführt. Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei den Leitfähigkeitsmessungen, nur war in dem

Widerstandsgefäss an Stelle der Elektroden ein Thermometer eingesetzt worden.

Beobachtungszeit	Temperatur		Differenz in °	Beobachtungszeit	Temperatur		Differenz in °
	in der Kältemischung	im Elektrolyten			in der Kältemischung	im Elektrolyten	
12	— 77.2	— 76.4	+ 0.8	2^{15}	— 72.4	— 72.5	—0.1
12^{10}	— 77.0	— 76.2	+ 0.8	2^{25}	— 70.9	— 70.9	±
12^{25}	— 76.8	— 75.8	+ 1	2^{29}	— 69.9	— 70.0	—0.1
12^{30}	— 76.75	— 75.5	+ 1.25	2^{32}	— 68.85	— 69.0	—0.15
12^{40}	— 76.3	— 75.0	+ 1.3	2^{34}	— 68.0	— 68.15	—0.15
12^{50}	— 76.25	— 74.7	+ 1.55	2^{35}	— 67.7	— 67.85	—0.15
1^{00}	— 76.1	— 74.2	+ 1.9	2^{36}	— 67.3	— 67.45	—0.15
1^{25}	— 75.6	— 72.6	+ 3	2^{38}	— 66.8	— 66.95	—0.15
1^{35}	— 75.35	— 72.1	+ 3.25	2^{40}	— 66.35	— 66.4	—0.05
1^{45}	— 75.0	— 71.3	+ 3.7	2^{45}	— 64.75	— 64.85	—0.1
1^{55}	— 74.5	— 70.5	+ 4	2^{50}	— 63.15	— 63.35	—0.2
2^{05}	— 73.35	— 73.4	— 0.05	2^{53}	— 61.6	— 61.8	—0.2

Die Temperaturen stiegen zunächst verschieden schnell an. Die Differenz beider Thermometer belief sich bei —77.2° auf $^{8}/_{10}{}^{0}$ und wuchs bis auf 4° bei —74.5° an. Von —73.35°, wo der Unterschied nur $^{5}/_{100}{}^{0}$ betrug, bis —61.6° ging der Temperaturanstieg ungefähr parallel vor sich; die Differenz hat $^{2}/_{10}{}^{0}$ nicht überschritten. Der Unterschied von mehreren Graden, der bis —74.5° auftritt und bei —73.35° verschwunden ist, findet seine Erklärung dadurch, dass bis —74.5° das Widerstandsgefäss — und somit auch das Thermometer in der gefrorenen Lösung — nicht so tief in die Kältemischung eingetaucht werden konnte wie das Thermometer, das direkt in die Kältemischung hineinragte, weil sonst von dem im Widerstandsgefäss befindlichen Thermometer die Temperatur nicht hätte abgelesen werden können. Nachdem nach der Ablesung bei —74.5° das Widerstandsgefäss so tief in die Kältemischung eingelassen war, dass sich die Gefässe beider Thermometer auf gleicher Höhe befanden, zeigten beide Thermometer bei den folgenden Ablesungen ungefähr gleiche Temperaturen an.

Aus diesem Versuch geht also hervor, dass die Temperatur, welche das Thermometer im Kältebade anzeigte, auch der in der Lösung entsprach, vorausgesetzt, dass Thermometer und Elektrolyt (resp. Elektroden) gleich weit in die Kältemischung hineinragten.

VI. Bestimmung der Leitfähigkeiten.

a) Von 0° ab aufwärts.

Die Leitvermögen der Elektrolyte wurden von 0° ab aufwärts bei 0°, 18°, 48°, 78°, 100° und die der $^8/_1$ n · LiBr-, $^7/_1$ n · NaJ- und $^7/_1$ n · $^1/_2 CaCl_2$-Lösungen auch noch bei 110.8° untersucht. Bei jeder Temperatur erfolgten, nachdem der Elektrolyt ungefähr 10 bis 15 Minuten in dem Bade war, drei Ablesungen in kurzen Zeitintervallen. Die Ausgangstemperatur sowie die Endtemperatur war bei allen Versuchen 18°. Es folgten dann die Bestimmungen bei 0° und aufwärts bis 100° und wieder abwärts in der umgekehrten Reihenfolge bis 18°. Zu den Rechnungen wurden die Mittelwerte aus den 6 Ablesungen bei jeder Temperatur genommen (vergl. Tabelle 2c). Bei den Messungen von 48° ab aufwärts traten Störungen, die ohne die nötige Aufmerksamkeit zu fehlerhaften Ergebnissen führen konnten, dadurch ein, dass sich unter den Elektroden Luftblasen ansammelten und so ein Gebiet hohen Widerstandes bildeten. Das Vorhandensein von Luftblasen zeigte sich in Unregelmässigkeiten der Einstellung bei der Widerstandsbestimmung. Zu ihrer Entfernung wurde entweder das Gefäss durch Klopfen leicht erschüttert, oder, wenn das nicht half, wurden die Elektroden etwas herausgehoben und wieder eingesetzt. Die Ablesungen wurden dann so lange wiederholt, bis aus der Konstanz der Einstellung auf der Brücke geschlossen werden konnte, dass alle Luftblasen unter den Elektroden entfernt waren.

Die aus diesen Ablesungen berechneten Leitvermögen bedurften jedoch noch wegen der mit der Temperaturänderung verbundenen Konzentrationsänderung einer Korrektur. Wird z. B. eine Salzlösung, deren Normalität bei 18° bestimmt worden ist, über 18° erwärmt, so kommt dieselbe Zahl von gr-Molekülen wie bei 18° auf ein grösseres Volumen; d. h. die Konzentration ist geringer geworden. Um die Konzentrationsänderungen durch die Temperaturänderung festzustellen, wurden deshalb die spezifischen Gewichte der Elektrolyte bei den einzelnen Temperaturen mittels der Pyknometermethode bestimmt (vergl. § II). Da die Leitvermögen mit der Konzentration wachsen, sind die gemessenen Leitvermögen bei den Temperaturen über 18°, auf gleiche Volumkonzentration bezogen, zu klein und müssen nahezu in demselben Verhältnis korrigiert werden, in dem die spezifischen Gewichte der

Elektrolyte bei den in Betracht kommenden Versuchstemperaturen von dem spezifischen Gewichte der Elektrolyte bei 18° abweichen. Um ebensoviel Prozente, wie sich das spezifische Gewicht eines Elektrolyten bei einer bestimmten Temperatur gegen das bei 18° ändert, ist die Aenderung des Leitvermögens bei der betreffenden Temperatur gegen das bei 18° zu korrigieren, und zwar bei Temperaturen unter 18° zu verringern, bei Temperaturen über 18° zu vergrössern. Die Leitfähigkeiten von 0° ab aufwärts sind demnach alle auf dieselbe Normalität, wie bei 18° bezogen worden. Die Grösse der Korrekturen, die durch die Ausdehnung der Lösungen an den Leitfähigkeiten erforderlich wurden, beläuft sich im Durchschnitt:

bei 0°	auf 0.2 %,	bei 100°	auf 2.4 %,
„ 48°	„ 0.5 %,	„ 108°	„ 3.0 %,
„ 78°	„ 1.4 %,	(vergl. Tabelle 2d),	

und ist von nicht unerheblichem Einfluss auf die Temperaturkoeffizienten.

b) Unterhalb 0°.

Bei der Untersuchung der gefrorenen Elektrolyte von —80° aufwärts musste zunächst die Grössenordnung der in Betracht kommenden Widerstände ermittelt werden, von der die zu benutzende Methode der Widerstandsmessung abhing. Günstig war es hierfür, dass durch die Kohlensäure-Aether-Kältemischung mit einem Ueberschuss von fester Kohlensäure die Temperatur geraume Zeit auf ungefähr —80° konstant gehalten und so, ehe ein Steigen der Temperatur eintrat, die Methode ausprobiert werden konnte. Die Ablesungen wurden bei allen Messungen unterhalb 0° mit steigender Temperatur vorgenommen.

Bei der Bestimmung des Leitvermögens durch Messung von Spannung und Stromstärke wurde bei den Ablesungen in folgender Weise verfahren: Ablesung der Temperatur, des Galvanometers, Umschaltung der Stromrichtung, Temperaturablesung, Galvanometerablesung, Temperaturablesung. Aus den Ablesungen der Temperatur und am Galvanometer wurde dann das Mittel genommen. — Bei der Widerstandsmessung mit Gleichstrom und Brückenschaltung wurde ein Widerstandsverhältnis gestöpselt, welches einen etwas geringeren Widerstand ergab, als der Elektrolyt gerade in dem Augenblick besass. Mit der Ablesung der Temperatur wurde dann so lange gewartet, bis der Widerstand in

dem Elektrolyten auf den eingestellten Widerstandsbetrag gesunken war. — Die Bestimmungen mit dem Telephon und grossen Vergleichswiderständen wurden teilweise durch die geringe Schärfe des Tonminimums und andererseits auch durch das schnelle Ansteigen des Leitvermögens ungenau. Dem wurde dadurch abzuhelfen versucht, dass die Brücke fest eingestellt wurde und beim Eintreten und Aufhören des Tonminimums die Temperatur abgelesen wurde. Aus den beiden Temperaraturen wurde das Mittel genommen.

Während der Versuche unterhalb 0^0 kam es mehrfach vor, dass das Widerstandsgefäss zersprang, so dass die Badflüssigkeit (Toluol, Petroleum oder Aether) in das Widerstandsgefäss eindrang. Störende Einflüsse dadurch sind jedoch in den Leitvermögen nicht beobachtet worden. Die Elektrolyte umgaben die Elektroden vollständig. Durch Wiederholungen von Versuchen an denselben Elektrolyten, bei denen einmal das Gefäss gesprungen war und Badflüssigkeit auf der gefrorenen Lösung lagerte und das andere Mal das Gefäss ganz geblieben war, haben sich keine Differenzen in den Leitfähigkeiten ergeben.

Bei den Bestimmungen durch Messung von Spannung und Stromstärke wurde eine Korrektion erforderlich wegen Oberflächenleitung (vergl. p. 7). Es trat an den aus dem Widerstandsgefäss herausragenden Zuleitungsdrähten zu den Elektroden bei hohen Spannungen ein Stromübergang auf, dessen Stärke für die benutzten Spannungen durch Einschalten des Widerstandsgefässes ohne Elektrolyt in den Stromkreis bestimmt wurde.

Ausserdem wurde bei verschiedenen Elektrolyten in gefrorenem Zustande und bei der Verwendung der im vorigen Abschnitt erwähnten Bestimmungsmethode festgestellt, dass nach Stromschluss das Galvanometer eine Maximalablenkung erfuhr, die bei länger andauerndem Stromschluss erst schnell und dann allmählich geringer wurde. Diese Erscheinung soll jedoch in einem besonderen Paragraphen behandelt werden (siehe § IX).

Wie bereits erwähnt, wurden die Beobachtungen von -80^0 aufwärts nach Möglichkeit von Grad zu Grad angestellt. Bei verschiedenen Lösungen fehlten jedoch einzelne kleine Intervalle, die z. T., wie bei den $CaCl_2$-Lösungen, wegen des zu schnellen Anstieges des Leitvermögens bei schwer konstant zu erhaltenden Temperaturen nicht auszufüllen waren. In diesem Falle konnte auch die Beobachtungsmethode nicht so schnell ausgewechselt

werden, wie es die Leitfähigkeitsänderung erforderte. Hier kann man nur durch die graphische Interpolation und aus dem Verlauf der Leitfähigkeit bei den anderen Elektrolyten, wo das entsprechende Intervall erhalten wurde, auf das wahrscheinliche Verhalten der Lösungen schliessen.

Teilweise zeigten die gefrorenen Elektrolyte bei -80^0 und auch oberhalb dieser Temperatur Widerstände, die von höherer Grössenordnung waren, als mit den benutzten Methoden gemessen werden konnten und ein eigentümliches Verhalten zeigen. Deshalb beginnen in den Tabellen die Angaben der Leitfähigkeiten folgender Elektrolyte erst bei höheren Temperaturen als -80^0:

$^1/_1$ n · NaCl	bei	-56.5^0
$^7/_1$ n · NaJ	„	-72^0
$^1/_1$ n · NaJ	„	-65^0
$^6/_1$ n · $LiNO_3$	„	-68^0
$^4/_1$ n · NH_4Br	„	-15^0.

Unterhalb dieser Temperaturen wurden zwar auch die Stromstärken gemessen; jedoch konnten wegen dauernder Stromschwankungen sichere Ablesungen nicht erzielt werden. Auf diese Schwankungen hatte die Stromrichtung so gut wie keinen Einfluss; denn sie lagen, auch wenn der Strom gewendet wurde, immer innerhalb derselben Grenzen. Dasselbe zeigte sich auch bei zweimaliger Wiederholung des Versuches mit frischer Lösung an der $^6/_1$ n · $LiNO_3$-Lösung und bei einmaliger Wiederholung an der $^1/_1$ n · NaCl-Lösung. Bei einem dritten Versuche mit der NaCl-Lösung traten ausserdem noch polare Verschiedenheiten auf. Während beim Durchsenden des Stromes in der einen Richtung nur eine ungefähr $5 \cdot 10^{-8}$ Ampère entsprechende Ablenkung des Galvanometers erfolgte, ging in der anderen Richtung die Ablenkung aus der Skala, was einer Stromstärke von mehr als $800 \cdot 10^{-8}$ Ampère entsprach. Dieser polare Unterschied nahm mit steigender Temperatur allmählich ab und war erst verschwunden, nachdem die Temperatur um ungefähr 20^0 (von -78^0 auf ca. -58^0) gestiegen war. Erst etwas oberhalb dieser Temperatur setzten die brauchbaren Messungen ein, was aus dem gleichmässigen Anwachsen des Leitvermögens bei steigender Temperatur ersichtlich war.

Ueber dieses unregelmässige Schwanken des Stromes, den polaren Gegensatz und die Abweichungen vom Ohmschen Gesetz,

die sich darin zeigten, dass bei Vermehrung der Spannung von 142 auf 220 resp. 440 Volt die Stromstärke nicht annähernd proportional wuchs, vergl. Abschnitt IX.

VII. Die rechnerische Darstellung des Temperaturganges der Leitfähigkeiten.

Für die flüssigen Lösungen liess sich die Temperaturänderung der Leitfähigkeit zwischen 0° und 108° einigermassen durch die quadratische Interpolationsformel darstellen:

$$\varkappa = \varkappa_0 [1 + c (t - t_0) + c' (t - t_0)^2],$$

worin $\varkappa_0$ das Leitvermögen bei $t_0 = 0^0$, $\varkappa$ das zu berechnende bei der Temperatur t, c und c' Temperaturkoeffizienten sind. Berechnet man die Temperaturkoeffizienten aus den bei 0°, 50° und 100° bestimmten Leitfähigkeiten, so beträgt die Differenz zwischen Berechnung und Beobachtung im allgemeinen nicht mehr als 1 Prozent, nur bei 18° treten auch grössere Abweichungen auf.

Dieselbe Formel ist ferner benutzt worden zur Darstellung der Leitvermögen in dem Intervall von 0° abwärts bis zum Gefrierpunkt derjenigen Elektrolyte, welche eine beträchtliche Gefrierpunktserniedrigung aufweisen. Es sind dies die konzentrierteren Lösungen, nämlich: $^8/_1$ n · LiBr, $^7/_1$ n · NaJ, $^7/_1$ und $^5/_1$ n · $^1/_2$ $CaCl_2$ und $^6/_1$ n · $LiNO_3$. Die Abweichungen der berechneten Werte von den bestimmten betragen in diesen Intervallen nicht mehr als $3^1/_2$ % bis auf das der $^5/_1$ n · $^1/_2$ $CaCl_2$-Lösung, wo die Differenzen beträchtlicher sind.

Eine einheitliche Darstellung der Leitfähigkeiten für das ganze Temperaturgebiet vom Siedepunkt bis zum Gefrierpunkt der Lösungen durch diese quadratische Formel ist, wie die LiBr-Lösung als Beispiel zeigte, nicht möglich, weil dann die Abweichungen zwischen den bestimmten und berechneten Werten zu gross werden. Auch die für die festen Lösungen benutzte Beziehung

$$\lg \varkappa = A + \frac{B}{T},$$

worin T die absolute Temperatur, A und B Konstante sind, ist hier nicht brauchbar.

Diese logarithmische Beziehung findet sich bei Rasch und Hinrichsen[1]). Sie hat sich nach Baumeister[2]) für die Berechnung der Leitfähigkeit verschiedener Gläser innerhalb weiter Temperaturgrenzen mit beträchtlicher Genauigkeit bewährt. Sie erwies sich auch für die gefrorenen Lösungen innerhalb der hier erreichten beschränkten Messgenauigkeit als brauchbar. Die Konstanten A und B mussten jedoch für die verschiedenen Temperaturintervalle besonders berechnet werden; denn die Leitfähigkeit nimmt mit abnehmender Temperatur bald stärker und bald schwächer ab mit ziemlich schroffen Uebergängen, so dass eine einzige Formel die Leitfähigkeiten eines gefrorenen Elektrolyten über das ganze beobachtete Temperaturintervall nicht wiedergeben kann. So zeigen sämtliche Lösungen bei gewissen Temperaturen einen Sturz des Leitvermögens, der z. B. bei der $^8/_1$ n · LiBr-Lösung von $0.643 \cdot 10^{-3}$ auf $0.610 \cdot 10^{-6}$ innerhalb des Temperaturintervalls von -66.25^0 bis -73.7^0 erfolgt. Nach dieser schnellen Abnahme der Leitfähigkeit folgt wieder eine allmählichere bis $0.248 \cdot 10^{-6}$ bei -77.05^0. In dem Gebiete, in welchem das schnelle Sinken der Leitfähigkeit mit abnehmender Temperatur vor sich geht, erfolgt die Leitfähigkeitsänderung sehr unregelmässig infolge von Umwandlungsvorgängen, die im Abschnitt VIII behandelt werden. Auf eine Berechnung der Leitfähigkeiten in diesen Temperaturintervallen wurde daher verzichtet. Für die Bereiche, in denen die Leitfähigkeiten der gefrorenen Elektrolyte sich weniger schnell ändern, liegen die Abweichungen der bestimmten Werte von den berechneten innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler.

In Tabelle 1 ist die $^8/_1$ n · LiBr-Lösung mit allen Beobachtungsdaten unterhalb 0^0 aufgeführt, um ein Bild von der Anzahl der Beobachtungen zu geben. Ausserdem sind hier für die einzelnen Ablesungen die Beobachtungszeiten (in der 1. Rubrik), die Bestimmungsmethoden und die mit diesen erhaltenen Werte — bei der Messung mit Gleichstrom in Brückenschaltung die Widerstände (Rubrik 4), und bei der Messung mit Wechselstrom das Tonminimum auf der Brücke (Rubrik 4 und 5) und die Vergleichswiderstände (Rubrik 6) — angegeben worden. Oberhalb 0^0 sind ausser den Versuchstemperaturen, den korrigierten und be-

[1]) E. Rasch und Hinrichsen, Ztschr. f. Elektrochemie. **14**, p. 41. 1908.
[2]) F. Baumeister, Diss. Rostock 1912.

rechneten Leitfähigkeiten auch die spezifischen Gewichte des Elektrolyten bei den einzelnen Versuchstemperaturen, bezogen auf Wasser von 18°, angeführt.

Tabelle 2a bringt das Intervall von —55.55° bis —27.85° der $^1/_1$ n · NaCl-Lösung ausführlich mit den Angaben über Spannungen, Galvanometerausschlägen und Stromstärken, weil die Methode der Messung von Spannung und Stromstärke bei der $^8/_1$ n · LiBr-Lösung keine Anwendung gefunden hatte. Tabelle 2c bringt als Beispiel die Versuchsreihe von 0° bis 100° mit den Beobachtungsdaten. Tabelle 2d enthält in der 2. Rubrik die aus den bestimmten Leitfähigkeiten für 0°, 18°, 48°, 78° und 100° interpolierten Leitvermögen. Die interpolierten Leitfähigkeiten sind wegen der Ausdehnung des Lösungsmittels korrigiert worden. Diese korrigierten Leitfähigkeiten finden sich in der 3. Rubrik und die Korrekturen, in Prozenten ausgedrückt, in der 4. Rubrik. Die 5. Rubrik bringt die berechneten Leitvermögen, die 6. Rubrik die Differenz zwischen den korrigierten und berechneten Leitfähigkeiten und die 7. Rubrik die spezifischen Gewichte, bezogen auf Wasser von 18°. Die in den übrigen Tabellen von 0° ab aufwärts in der 3. Rubrik angeführten „bestimmten Leitfähigkeiten" entsprechen den korrigierten der $^1/_1$ n · NaCl-Lösung in Tabelle 2d.

In den kürzer gefassten Tabellen 3—11 sind für die übrigen Elektrolyte im festen Aggregatzustand immer nur die Grenztemperaturen und ein paar dazwischen liegende Temperaturen der einzelnen Intervalle, für die jedesmal ein Konstantenpaar A und B gilt, angegeben. Für den flüssigen Aggregatzustand unterhalb 0° kommen nur die bereits genannten fünf Elektrolyte in Betracht, von denen in den Tabellen für die betreffenden Intervalle die Temperaturkoeffizienten c und c' und etliche beliebig herausgegriffene Werte angegeben sind. Diese Tabellen enthalten für die Temperaturen unterhalb 0° ausser den Angaben über die Grössen von A und B resp. c und c' nur die Temperaturen, die bestimmten und berechneten Leitfähigkeiten und ihre Differenz in Prozenten.

Für die Temperaturen von 0° ab aufwärts bringen die Tabellen 3 bis 12 die Angaben über die Temperaturkoeffizienten c und c', die bestimmten und berechneten Leitfähigkeiten bei den Versuchstemperaturen, ihre Differenz und die spezifischen Gewichte der Lösungen bei den Versuchstemperaturen.

Von den Elektrolyten, die zur Untersuchung gelangten, sind bereits etliche mit annähernd derselben Konzentration innerhalb kleinerer Temperaturintervalle untersucht worden. In den Tabellen 13—16 sind die früher gefundenen Werte mit den entsprechenden dieser Arbeit nebeneinander gestellt worden. Die Werte zeigen untereinander befriedigende Uebereinstimmung.

In Tafel 1 ist ein Teil der Versuchsergebnisse in charakteristischen Beispielen graphisch dargestellt. Zu der Darstellung wurden aber nicht die Leitvermögen und Temperaturen selbst als Ordinate und Abszisse verwendet, sondern die Logarithmen der Leitfähigkelten ($\log \varkappa$) und die reziproken Werte der absoluten Temperatur $\left(\frac{1}{T}\right)$. Diese Art der Darstellung hat den Vorteil der Uebersichtlichkeit und der Beschränkung auf einen kleinen Raum. Der besseren Uebersicht wegen ist auch nur ein Teil der beobachteten Werte aufgenommen, der zur Beurteilung des Verlaufs der Erscheinung ausreicht.

VIII. Kryohydrattemperaturen.

Der Verlauf der Leitfähigkeiten unterhalb 0° weicht von dem gleichmässigen oberhalb 0° beträchtlich ab. Bevor aber auf die Aenderungen der Leitfähigkeiten bei Temperaturen unterhalb 0° eingegangen wird, soll das allgemeine Verhalten von Salzlösungen unterhalb 0° kurz erörtert werden, weil dieses zur Erklärung der Leitfähigkeitsänderungen erforderlich ist. Die Abkühlung einer Salzlösung unter 0° wird, je nachdem die Lösung eine stärkere oder schwächere Konzentration besitzt, bei einer gewissen Temperatur eine Sättigung an Salz oder Lösungsmittel hervorrufen. Bei Abkühlung unter diese Temperatur tritt dann eine Ausscheidung von Salz oder Eis ein. Da die Temperatur, bei der Eisausscheidung einsetzt, als die Gefriertemperatur einer Lösung bezeichnet wird, ist die Temperatur der einseitigen Sättigung die Gefriertemperatur der weniger konzentrierten Lösungen. Der Ausscheidungsprozess von Salz oder Eis geht mit sinkender Temperatur so lange vor sich, bis der Restbestand der Lösung an beiden, an Salz und Wasser gesättigt ist. Dieser Punkt ist für sämtliche Konzentrationen eines Elektrolyten einheitlich und heisst der kryohydratische Punkt oder die kryohydratische Temperatur. Wird unter die Kryohydrattemperatur abgekühlt, so verwandelt sich die Lösung in ein cutektisches Gemisch von Salz und Eis und geht

somit vollständig in den festen Aggregatzustand über. Die Kryohydrattemperatur ist gleichzeitig die Gefriertemperatur der stärker konzentrierten Lösungen. Tritt innerhalb des Salz- und Eisgemisches bei weiterer Temperaturerniedrigung wiederum ein Umwandlungsprozess ein, so entspricht dieser einer zweiten, tieferen Kryohydrattemperatur.

Diesen Definitionen soll die Betrachtung des Leitfähigkeitsverlaufes unterhalb 0° folgen. Die graphischen Aufzeichnungen in den Tafeln 1 bis 3 zeigen zunächst bei denjenigen Elektrolyten, welche noch innerhalb eines weiten Temperaturbereiches unterhalb 0° flüssig bleiben, dass in diesem Gebiete die Leitfähigkeit um so beschleunigter abnimmt, je weiter die Temperatur erniedrigt wird. Die Erklärung hierfür ist, dass mit der Abkühlung, die die Elektrolyte erfahren, zugleich auch eine Konzentrationsänderung eintritt. Die konzentrierteren Lösungen, um die es sich in diesem Falle nur handelt, scheiden, sobald sie unter ihren Sättigungspunkt abgekühlt werden, Salz aus. Die Konzentration wird geringer; dies bedingt ein schnelleres Sinken der Leitfähigkeit mit Abnahme der Temperatur, als wenn letztere nur allein für die Leitfähigkeitsänderung in Betracht käme.

Immerhin ist aber diese Aenderung in der Abnahmegeschwindigkeit des Leitvermögens bei tiefen Temperaturen sehr gering gegen eine andere, welche sämtliche bei den tiefsten Temperaturen untersuchten Elektrolyte aufweisen. Bei einer bestimmten Temperatur fällt die Leitfähigkeit ziemlich plötzlich auf einen kleinen Bruchteil ihres Wertes. Als Beispiel hierfür ist bereits im § VII die $^8/_1$ n · LiBr-Lösung angegeben worden. Die Temperatur, bei der dieser Sturz in der Leitfähigkeit eintritt, fällt für die konzentrierteren Lösungen mit der Gefriertemperatur zusammen, wie durch angenäherte Versuche festgestellt wurde. Bei den weniger konzentrierten Lösungen fällt jedoch die Gefriertemperatur mit der Temperatur, bei der der Leitfähigkeitssturz einsetzt, nicht zusammen. So hat z. B. die $^1/_1$ n · NaCl-Lösung erstere bei ungefähr —5° und letztere bei —20°. Durch Vergleichen der Temperaturen, bei denen die beschleunigte Leitfähigkeitsänderung eintritt, an verschiedenen Konzentrationen eines Elektrolyten ergibt sich ferner, dass diese Temperaturen nahe zusammenfallen, d. h. also, dass die Temperatur, bei der der Sturz in der Leitfähigkeit vor sich geht, von der Konzentration wenig abhängig ist. Bei der $^7/_1$ n · $^1/_2$ $CaCl_2$-Lösung setzt beispielsweise

das starke Sinken der Leitfähigkeit bei ungefähr —57.9°, bei der $^5/_1$ um —57.3° ein, und bei der $^7/_1$ n · NaJ-Lösung bei —31.3°, bei der $^1/_1$ bei —31.0°. — Werden die Erscheinungen, die mit dem Leitfähigkeitssturz verbunden sind, mit denen verglichen, die die Kryohydrattemperatur charakterisieren, so ergibt sich, dass sie bei beiden dieselben sind. Der Sturz in der Leitfähigkeit der Lösungen wird daher durch die Bildung eines sogenannten Kryohydrats (den gleichmässigen Uebergang in den festen Aggregatzustand) hervorgerufen.

Nach einer solchen schnellen Leitfähigkeitsänderung nimmt bei weiterer Temperaturerniedrigung die Leitfähigkeit wieder langsamer ab. Bei vier der untersuchten Elektrolyte, der $^4/_1$ n · NH_4Br-, $^6/_1$ n · $LiNO_3$-, $^5/_1$ n · $^1/_2$ $CaCl_2$- und $^4/_1$ n · KBr-Lösung tritt dann jedoch noch ein zweiter Leitfähigkeitssturz bei —53.2°, —57.7°, —78° und ca. —73° auf. Bei der $LiNO_3$-Lösung ist der zweite Sturz in derselben Weise ausgeprägt wie der erste; die Leitfähigkeit fällt auf $^1/_{10}$ ihres Wertes. Bei den anderen Elektrolyten ist der Sturz nur angedeutet (siehe Tafel 1). Zur Erklärung des Auftretens dieses zweiten Leitfähigkeitssturzes wird wahrscheinlich eine zweite Kryohydratstemperatur herangezogen werden müssen. Mit Bestimmtheit kann man dies jedoch nicht behaupten, weil die in Betracht kommenden Lösungen nicht daraufhin beobachtet werden konnten, ob in ihnen bei den betreffenden Temperaturen Umwandlungen vorgingen, und weil keine Bestimmungen von sogenannten Kryohydratbildungen bei diesen Temperaturen nach anderen Methoden vorliegen.

Von verschiedenen der untersuchten Lösungen sind die höheren Kryohydrattemperaturen mit anderen Methoden bestimmt worden[1]). In der folgenden Tabelle sind die früheren Bestimmungen der kryohydratischen Punkte für die in Betracht kommenden Elektrolyte mit den Ergebnissen dieser Arbeit zusammengestellt worden. Ausser den Kryoydrattemperaturen sind ferner noch in der 2. resp. 7. Rubrik der Tabelle die Konzentrationen in Gewichtsprozenten für 100 g Lösung, für welche früher resp. in der vorliegenden Arbeit die Kryohydratpunkte bestimmt worden sind, angegeben. In der 3. Rubrik finden sich die Angaben über die Bodenkörper, welche bei den früheren Bestimmungen der Kryohydrattemperatur aus dem Elektrolyten ausgefallen waren. Die Elektrolyte, bei denen in der 2. und 4. Rubrik

[1]) Landolt und Börnstein, Tabellen. 4. Aufl. 1912, Tab. 133.

Anhydr. Substanz	Gewichts-% (Landolt u. Börnstein)	Bodenkörper (aus L. u. B. Tabellen)	Kryohydrattemperatur: Landolt und Börnstein: Tabellen	Kryohydrattemperatur: Gropp	2. Kryohydrattemperatur (Gropp)	Gewichts-% (Gropp)
$^1/_2 CaCl_2$	29.9	Eis + Hydr. m. 6 aq	-55^0	-57.9^0 -57.3^0	-78.1^0	ca. 30 ca. 23
KBr	31.2 32.0	KBr + Eis	-11.5^0 -13.0^0	-14.4^0	ca. -73^0	ca. 37
LiBr	—	—	—	-70.0^0	—	45.5
LiCl	—	—	—	ca. -16^0	—	ca. 5
$LiNO_3$	—	Eis + Hydr. m. 3 aq	-17.8^0	ca. -24^0	-58.9^0	28.8
NH_4Br	32.1	Eis + NH_4Br	-17.1^0	ca -14.5^0	-53.2^0	—
NaBr	40.3 ca. 41.2 ca. 41.2	Eis + Hydr. m. 5 aq Hydr. m. 5 aq + 2 aq	-28.0^0 -24.0^0 -23.5^0	ca. -30^0	—	—
NaCl	22.42	Eis + Hydr. m. 2 aq	-21.2^0	-22.0^0	—	6
NaJ	ca. 39	Eis + Hydr. m. 5 aq	-31.5^0	-31.3^0 -31.0^0	—	ca. 60 13.6

mehrere Zahlen angegeben sind, sind von verschiedenen Beobachtern untersucht worden. Die durch die Leitfähigkeitskurve erhaltenen Kryohydrattemperaturen stimmen z. T. gut mit den früheren Beobachtungen überein. Grössere Abweichungen zeigen die Angaben bei der $LiNO_3$-Lösung.

Die aus der vorliegenden Arbeit erhaltenen Kryohydrattemperaturen können jedoch keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit erheben. Sie stellen nämlich nur die Mittelwerte derjenigen Temperaturen dar, über die sich bei den einzelnen Elektrolyten die schnelle Leitfähigkeitsänderung erstreckt. Je nach der bei den Versuchen erhaltenen Temperaturkonstanz ist diese Aenderung auf ein grösseres oder kleineres Temperaturgebiet ausgedehnt. Bei der $^8/_1$ n · LiBr-Lösung stieg die Temperatur während der Zunahme des Leitvermögens um 7.5 Grade, während sich bei der $^1/_1$ n · NaCl-Lösung die Temperatur nur um 4.8 Grade (von -19.6^0 bis -24.4^0) änderte. Bei der $^7/_1$ n · $^1/_2 CaCl_2$-Lösung wurde das Intervall, in dem das schnelle Sinken der Leitfähigkeit eintrat, nicht direkt erhalten. Durch Messungen des Leitvermögens in der Nähe der Kryohydrattemperatur, bei denen einmal der Elektrolyt in flüssigem, das andere Mal in festem Zustande war, ergab sich für die Leitfähigkeit bei:

$$-56.8^0 \qquad 4.820 \cdot 10^{-3}$$
$$-59.0^0 \qquad 4.065 \cdot 10^{-8}\,.$$

Für die starke Abnahme der Leitfähigkeit bleibt demnach nur ein Temperaturgebiet von 2.2 Graden. Je kleiner dieses Intervall ist, auf welches sich die schnelle Leitfähigkeitsänderung verteilt, desto genauer wird durch die Bestimmung der Leitfähigkeit die Kryohydrattemperatur des betreffenden Elektrolyten angegeben werden können.

Durch Versuch war festgestellt worden, dass die Temperaturanstiege in dem Bade und in dem Elektrolyten, wenn er sich in gefrorenem Zustande befand, parallel miteinander gingen (vergl. § V.). Die Aenderung wird jedoch nur so lange parallel vorschreiten, bis der feste Elektrolyt seinen Schmelzpunkt erreicht hat; denn dann steigt zwar die Temperatur der Badflüssigkeit gleichmässig weiter, aber die Temperatur des Elektrolyten wird, wie sich aus dem allgemeinen Verhalten der Körper bei dem Uebergange aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand schliessen lässt, so lange auf dieser Verwandlungstemperatur stehen bleiben, bis sich der Schmelzvorgang in der Lösung vollzogen hat. Demnach würde also auch in diesem Gebiete der schnellen Leitfähigkeitsänderung nicht ein endliches Temperaturintervall entprechen, wie es sich bei den Messungen dadurch ergeben hat, dass für die Temperatur im Elektrolyten die des Bades genommen wurde, sondern eine bestimmte Temperatur, die Kryohydrattemperatur, und die graphische Aufzeichnung müsste eine sprungweise Aenderung der Leitfähigkeit aufweisen, wenn eine genaue Temperaturbestimmung des Elektrolyten selbst ausgeführt wäre.

IX. Schichten hohen Widerstandes bei gefrorenen Elektrolyten.

Bei der Bestimmung der Widerstände aus der Messung von Spannung und Stromstärke zeigte eine Reihe von Elektrolyten eine Erscheinung, die einer eingehenderen Betrachtung bedarf. Nachdem die Versuchsanordnung, wie sie im Abschnitt VI beschrieben worden ist, hergerichtet war, wurde mit den Ablesungen der Stromstärke am Galvanometer begonnen. Da mit allmählich steigender Temperatur beobachtet wurde, stand zu erwarten, dass während der Schliessung des Stromkreises der Ausschlag des Galvanometers bei längerem Stromschluss langsam wachsen würde. Das war jedoch nicht der Fall, sondern die Ablenkung nahm, nachdem sie einen grössten Wert erreicht hatte, sofort und zunächst sehr schnell, dann langsamer und ruckweise ab. Bei

längerem Stromschluss wurde also bei konstanter Spannung die Stromstärke geringer. Bei Umkehr der Stromrichtung trat zunächst wieder ein grösserer Ausschlag auf, der aber stets hinter dem ersten vorhergehenden Ausschlag zurückblieb und alsbald weiter zurückging. Diese Nachwirkung wurde geringer, wenn zwischen den beiden Stromdurchgängen in entgegengesetzter Richtung eine Pause lag. Beobachtet wurde dieser Rückgang der Stromstärke an den NaJ-, $^{1}/_{2}\,CaCl_2$-, NaBr- und NaCl-Lösungen. Genauere Messungen wurden bei den $^{7}/_{1}$ Normallösungen von NaJ und $^{1}/_{2}\,CaCl_2$ ausgeführt.

Die Angaben der Stromstärken bei „Stromschluss" in den unten stehenden Tabellen entsprechen den Maximalausschlägen des aperiodisch gedämpften Galvanometers. Die Einstellung auf die Maximalausschläge erfolgte in etwa zwei Sekunden nach Stromschluss. Die Dauer des Stromschlusses war bei den einzelnen Ablesungen verschieden gross; bei der $^{7}/_{1}\,n \cdot {}^{1}/_{2}\,CaCl_2$-Lösung wurde der Strom nach 5 bis 10 Sekunden, bei der $^{7}/_{1}\,n \cdot$ NaJ-Lösung nach einer halben bis ganzen Minute geöffnet. Zwischen den Ablesungen in der 1. und 2. Stromrichtung verrann gewöhnlich eine halbe bis ganze Minute, da zwischen beiden die Temperatur abgelesen wurde. Die Grösse der Stromabnahme wächst mit der Dauer des Stromschlusses; bei längerem Stromschluss scheint sich der Ausschlag einem Grenzwert zu nähern. Bei gleicher Stromdauer wächst die Abnahme mit steigender Temperatur. Die folgenden Tabellen zeigen den Verlauf der Erscheinung für zwei Lösungen.

$^{1}/_{2}\,CaCl_2 : m = 6.960.$

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung in Volt	Stromstärke in Ampère · 10^8 in der			
			1. Stromrichtung bei		2. Stromrichtung bei	
			Stromschluss	Stromöffnen	Stromschluss	Stromöffnen
h						
$1^{10'}$	— 75.1	220	20.4	10.65	13.3	8.7
1^{20}	— 74.1	220	25.0	14.3	17.8	10.15
1^{30}	— 73.2	220	28.85	16.75	21.2	13.6
1^{40}	— 72.5	220	35.45	20.6	29.7	16.75
1^{50}	— 72.0	220	40.7	26.5	32.85	20.85
2^{00}	— 70.7	220	53.3	35.2	44.6	29.7
2^{10}	— 70.4	220	64.7	45.1	55.7	38.0
2^{20}	— 69.8	220	83.3	55.0	70.2	48.2
2^{30}	— 67.9	220	110.0	77.7	94.7	67.7
2^{35}	— 67.4	220	121.3	86.8	112.7	77.7

NaJ : m = 6.789.

Beobachtungszeit	Temperatur	Spannung in Volt	Stromstärke in Ampère · 10^8 in der			
			1. Stromrichtung bei		2. Stromrichtung bei	
			Stromschluss	Stromöffnen	Stromschluss	Stromöffnen
h						
$3^{42'}$	— 56.6	142	25.15	3.5	22.7	3.5
3^{47}	— 55.4	142	42.0	3.1	34.6	3.5
3^{51}	— 53.5	142	74.5	3.5	63.5	3.7
3^{57}	— 51.3	70	53.8	3.7	48.0	3.6
4^{00}	— 50.0	70	77.2	3.5	69.7	2.6

Dasselbe Verhalten zeigten auch alle anderen Elektrolyte, bei denen die Leitfähigkeiten durch die Messung von Spannung und Stromstärke bestimmt wurden (vergl. Tab. 2a).

Bei der $^4/_1$ n · NH_4Br-Lösung ergab die Bestimmung der Leitfähigkeit, die auch durch Messung von Spannung und Stromstärke erfolgte, unterhalb -15^0 bei Widerständen von immerhin nur 10^7 bis 10^9 Ohm einen so unregelmässigen Verlauf in den Leitfähigkeiten, dass daraus nicht zu ersehen ist, wie in diesem Temperaturgebiet die Aenderung der Leitfähigkeit mit der Temperatur vor sich geht. Ein Bild von dem Verlauf ist auf Tafel 1 enthalten. Worauf diese Unregelmässigkeit beruht, konnte nicht ganz sicher festgestellt werden; es kann aber möglich sein, dass sie mit obigen Erscheinungen im Zusammenhang steht. Dasselbe wird bei der $^4/_1$ n · NaBr-Lösung der Fall sein, wo unterhalb -56^0 der Verlauf der Leitfähigkeit ebenfalls unregelmässig wird, wenn auch nicht in dem Masse, wie bei der $^4/_1$ n · NH_4Br - Lösung.

Bei den bedeutenden zu diesen Versuchen verwandten elektromotorischen Kräften (72—440 Volt) kann die Ursache der beobachteten starken Stromverminderungen bei längerem Stromschluss nicht in einer Polarisation der Elektroden, sondern nur in einer Widerstandsvermehrung durch den Strom liegen, und zwar wird es sich bei den elektrolytischen Leitern um eine chemische Stromwirkung handeln.

Aehnliches ist früher schon mehrfach beobachtet worden, so bei der Elektrolyse des Glases von Buff[1]), E. Warburg, F. Tegetmeier, G. Schulze, bei der Elektrolyse flüssiger

[1]) Buff, Lieb. Ann. **90**, p. 257. 1854.

Lösungen von F. Kohlrausch und A. Heydweiller, E. Warburg und bei den elektrolytischen Ventilwirkungen von G. Schulze.

Die Abnahme der Stromstärke bei der Elektrolyse fester Leiter ist von E. Warburg[1]) und F. Tegetmeier[2]) an Glas und Kristallen näher untersucht worden. Der Vorgang spielte sich im grossen und ganzen in derselben Weise ab, wie er oben beschrieben ist. Der feste Elektrolyt wurde auf 200 bis 300° erwärmt. Die Elektroden bestanden zunächst aus Quecksilber. Die Spannung war entweder die von 30 Bunsenelementen, oder sie betrug 150 Volt. Wurde unter diesen Bedingungen der Stromkreis geschlossen, so war der Galvanometerausschlag nur vorübergehend konstant und ging bald zurück, z. B. in einem Falle innerhalb einer Stunde auf den 1000sten Teil seines Wertes. Die elektrolytische Polarisation konnte auch hier dieses Nachlassen der Stromstärke nicht erklären, weil einerseits die benutzte Spannung und andererseits die Abnahme der Stromstärke zu gross war. Durch eine kleine Abänderung in der Versuchsanordnung gelang es Warburg, die Ursache der Stromschwächung festzustellen. Er ersetzte das Quecksilber an der Anode durch Natriumamalgam. Bei Wiederholung des Versuches behielt dann die Stromstärke auch bei längerem Stromschluss ihren Anfangswert bei.

Der Vorgang in dem Elektrolyten ist in beiden Fällen folgender. Na_2SiO_3 ist in der Glasmasse wie ein Elektrolyt in einem Lösungsmittel verbreitet und bewirkt zum grössten Teile die Leitfähigkeit des Glases. Die Beweglichkeit der Ionen des Na_2SiO_3 ist jedoch verschieden, und zwar ist die der SiO_3-Ionen so gering gegen die der Na-Ionen, dass sie praktisch zu vernachlässigen ist. $\dot{Na}$ wandert zur Kathodenseite hinaus, während das praktisch unbewegliche $Si\dot{O}_3$ in SiO_2 und O zerfällt und O allein zur Anode wandert. Bei Verwendung eines nicht Na-haltigen Stoffes, wie Hg oder Pt, als Anode bildet sich eine Schicht hohen Widerstandes dadurch, dass bei der Elektrolyse die um der Anode gelegenen Gebiete von dem leicht beweglichen Na gereinigt werden. Wird nun an der Anode Hg durch Natriumamalgam ersetzt, so werden bei dem elektrolytischen Prozess die

[1]) E. Warburg, Wied. Ann. **21**, p. 622. 1884.
E. Warburg und F. Tegetmeier, Wied. Ann. **32**, p. 442. 1887.

[2]) F. Tegetmeier und E. Warburg, Wied. Ann. **35**, p. 455. 1888.
F. Tegetmeier und E. Warburg, Wied. Ann. **41**, p. 18. 1890.

im Elektrolyten zur Kathode wandernden Na-Ionen dauernd durch Na-Ionen aus der Anode ersetzt. Daher tritt in diesem Falle die Bildung einer Schicht hohen Widerstandes nicht auf. —

Aehnliche Widerstandsänderungen haben F. Kohlrausch und A. Heydweiller[1]) und E. Warburg[2]) bei der Elektrolyse flüssiger Elektrolyte beobachtet. — F. Kohlrausch und A. Heydweiller benutzten zu ihren Versuchen verdünnte wässerige Lösungen. An den Elektrolyten, der sich in einer mit Pt-Elektroden versehenen Capillare befand, wurde eine Spannung gelegt, die für die einzelnen Versuche 20, 40, 80 oder 200 Volt betrug. Der Widerstand in dem Elektrolyten ging dann in den ersten Sekunden resp. Minuten nach Stromschluss auf $^3/_5$ seines Anfangswertes zurück, um dann im Laufe der nächsten Minuten z. T. recht erheblich über den Anfangswert hinaus zu steigen. Bei einem Versuche wurde eine Vermehrung des Widerstandes auf das 100fache seines kleinsten Wertes beobachtet.

Die Widerstandsänderungen erklären die Verfasser folgendermassen. Während der Elektrolyse entsteht an der Kathode Base und an der Anode Säure. Beide, Base und Säure, bilden sich zunächst nur an den Elektroden, dehnen sich dann aber auch auf die die Elektroden umgebende Lösung aus und treten schliesslich selber als Elektrolyte auf. Von der Säure folgt dem fortwandernden Metall Wasserstoff und von der Base dem Säureradikal OH nach. Da die Säuren nach Basen besser leiten als die Salze, und ausserdem die Zahl der Ionen durch Neubildung vergrössert wird, so wird der Widerstand zunächst vermindert.

Ist die Elektrolyse so weit vorgeschritten, dass zwischen den Elektroden das Salz in seine beiden Bestandteile zerfallen ist, dass sich also das Basengebiet der Kathode mit dem Säurengebiet der Anode berührt, so bildet sich an der Berührungsstelle der beiden Gebiete eine von gelöstem Stoff freie Wasserschicht, da OH und H in ihren Richtungen fortwandern. Durch die Entstehung der Wasserschicht ist das Anwachsen des Widerstandes bedingt. —

Wie bereits erwähnt ist, hat sich auch G. Schulze[3]) mit der Ausbildung hoher Widerstände bei der Elektrolyse des Glases beschäftigt. Seine Untersuchungen bestätigen die von Warburg und Tegetmeier gefundenen Resultate. Gleichfalls hat

1) F. Kohlrausch und A. Heydweiller, Wied. Ann. **54**, p. 385. 1895.
2) E. Warburg, Wied. Ann. **54**, p. 396. 1895.
3) G. Schulze, Ann. d. Phys. **37**, p. 435. 1912.

G. Schulze in der erwähnten Abhandlung einen Vergleich zwischen den Erscheinungen am Glase und an den von ihm untersuchten elektrolytischen Ventilwirkungen angestellt.

Bei den elektrolytischen Ventilwirkungen[1]) handelt es sich gleichfalls wie bei den anderen mitgeteilten Erscheinungen um die Bildung einer Schicht hohen Widerstandes. Als Elektrolyte sind entweder wässerige Salzlösungen oder Säuren bei ungefähr 4° C. verwendet worden. Die Stromstärke wurde bei den Versuchen auf 0.005 Ampère konstant erhalten, während das Spannungsgefälle beobachtet wurde. Auf die Grösse des auftretenden Spannungsverlustes ist ausser dem Elektrolyten auch das Anodenmetall von Einfluss. Die Einstellung auf die hohe Spannung erfolgte bei einigen Elektrolyten unmittelbar nach Stromschluss, bei anderen nach ungefähr einer Minute; im Verlauf der nächsten Stunden veränderte sie sich dann nur noch ganz langsam. Gleichzeitig mit dem hohen Spannungsverlust entstand auf den Metallanoden, die bei der Elektrolyse angegriffen wurden, eine feste, unlösliche Haut; ferner trat Gasentwicklung an der Anode ein. Hatte sich der hohe Spannungsverlust angenähert herausgebildet, so setzte von dem Elektrolyten aus durch die feste Haut hindurch ein Funkenübergang oder eine Glimmlichtentladung ein. Indifferente Metalle zu Anoden verwendet, zeigten dasselbe Verhalten, nur wiesen sie an Stelle der festen Haut eine dünne Gasschicht auf.

Diese Erscheinungen, die die Bezeichnung „elektrolytische Ventilwirkungen" erhalten haben, erklärt G. Schulze folgendermassen. Das Zustandekommen der elektrolytischen Ventilwirkungen wird nicht etwa durch die feste Haut bewirkt, sondern durch eine ungefähr 0.1 μ dünne Gasschicht, die sogenannte „wirksame" Schicht, die sich bei den nicht indifferenten Metallen in den Poren zwischen dem Anodenmetall und der festen Haut bildet. Der Vorgang der Elektrizitätsübertragung in der elektrolytischen Zelle findet in folgender Weise statt. Wenn das Ventilmetall Kathode ist, vermögen die in ihm enthaltenen freien Elektronen die Gasschicht bei verhältnismässig geringem Spannungsgefälle zu durchdringen. Wird dagegen das Ventilmetall zur Anode der Gasschicht, ist also der Elektrolyt Kathode, so treten an die Stelle der

[1]) G. Schulze, Ann. d. Phys. **21**, p. 929. 1906.
G. Schulze, Ann. d. Phys. **28**, p. 787. 1909.
G. Schulze, Ann. d. Phys. **22**, **23**, **24**, **25**, **26**, **35**, **39**. 1907—1912.

Elektronen des Kathodenmetalls die negativen elektrolytischen Ionen. Da diese eine bedeutend grössere Masse besitzen als die Elektronen, wird sich ihrem Durchgang durch die Gasschicht ein viel grösserer Widerstand entgegenstellen, und mithin wird auch das Spannungsgefälle zur Durchdringung der Schicht gesteigert werden müssen.

Nach unseren Beobachtungen ist es wahrscheinlich, dass auch in den gefrorenen Elektrolyten Schichten hohen Widerstandes bei der Elektrolyse auftreten. Danach müsste zwischen den Ionen des Elektrolyten ein beträchtlicher Unterschied in ihrer Beweglichkeit bestehen. Während der Elektrolyse würde dann die Umgebung der einen Elektrode von den leicht beweglichen Ionen gesäubert werden und der Elektrizitätstransport in dieser Schicht nur noch von den schwer beweglichen Ionen versehen werden.

Hinsichtlich der Formierung der Schicht hohen Widerstandes weichen die Erscheinungen beim Glase und bei den gefrorenen Elektrolyten voneinander ab, indem bei letzteren die Bildung der hohen Widerstände, ebenso wie bei den Ventilwirkungen, zum allergrössten Teil in spätestens einer Minute erfolgt, während sie bei dem Glase längere Zeit in Anspruch nimmt. Es ist daher möglich, dass auch noch Ventilwirkungen der von G. Schulze beobachteten Art eine Rolle spielen.

X. Dissoziationsgrad und Dichte von Lösungen bei höheren Temperaturen.

Den Dissoziationsgrad i einer Lösung definieren wir als den Quotienten aus dem Aequivalentleitvermögen Λ und dem Aequivalentleitvermögen bei unendlicher Verdünnung Λ_0; also:

$$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}.$$

Er steht mit der prozentischen aequivalenten Dichteänderung $\Delta_s = 100 \frac{s-1}{m}$ in der linearen Beziehung:

$$\Delta_s = B_s + (A_s - B_s)\, i\ [1]).$$

A_s und B_s sind Konstante, worin s das spezifische Gewicht der Lösung bei der Temperatur t^0, bezogen auf Wasser bei t^0, und $m = 1000\,\eta$ die Aequivalent-Konzentration bedeuten.

[1]) W. F. Magie, Phys. Rev. **25**, p. 171. 1907.
A. Heydweiller, Ann. d. Phys. **30**, p. 879. 1909.

Die Abhängigkeit der Konstanten A_s und B_s von der Temperatur ist innerhalb engerer Grenzen (0°—32°) bereits mehrfach untersucht worden[1]. Es schien wünschenswert, diese Untersuchung wenigstens für ein Beispiel auf höhere Temperaturen auszudehnen. Es wurde im Anschluss an die vorhergehenden Untersuchungen Kaliumbromid gewählt.

i und Δ_s wurden für die ungefähren Konzentrationen 0.5-, 1-, 2- und 4fach normal bei 0, 18, 48, 78 und 100° bestimmt. Die spezifischen Gewichte $s_{t/18}$ wurden pyknometrisch bestimmt und aus ihnen die Werte $s_{t/4}$ und s berechnet. Die Aequivalentleitvermögen Λ sind aus den korrigierten Leitfähigkeiten (vergl. p. 18) abgeleitet unter Berücksichtigung der Konzentrationsänderungen durch die Wärmeausdehnung. Die Werte für die Ionenbeweglichkeiten l_a und l_k sind von Herrn Prof. Heydweiller aus den von F. Kohlrausch angegebenen Werten und ihren Temperaturkoeffizienten für die höheren Temperaturen extrapoliert worden unter Berücksichtigung der Bestimmungen von A. A. Noyes an anderen Salzen.

Tabelle 17a enthält die Zusammenstellung der Versuchsergebnisse. Die Messungen an der 0.5-n · Lösung bei 78° und 100° mussten weggelassen werden, weil die Konzentration dieser Lösung durch die starke Erwärmung beträchtlich geändert war. In Tabelle 17b sind die Konstanten A_s und B_s für die einzelnen Temperaturen in die lineare Beziehung

$$\Delta_s = B_s + (A_s - B_s)\, i$$

eingesetzt worden. Die Δ_s sind von Herrn Prof. A. Heydweiller berechnet worden, und gleichfalls hat Herr Prof. A. Heydweiller die Tabelle 17b aufgestellt.

Tafel II bringt die graphische Darstellung von Dissoziationsgrad und prozentische Dichteänderung, wobei ersterer als Abszisse und letztere als Ordinate aufgetragen sind.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der Dissoziationsgrad der einzelnen Lösungen mit wachsender Temperatur bis 100° abnimmt. Die lineare Beziehung zwischen Δ_s und i behält auch für höhere Temperaturen ihre Gültigkeit bei, wie die Differenzen der bestimmten und berechneten Δ_s-Werte zeigen.

---

[1] H. Clausen, Ann. d. Phys. **37**, p. 51. 1912. **44**, p. 1067. 1914.

Die Δ_s-Werte und ebenso die Konstante A_s haben ein Minimum bei steigender Temperatur bei ca. 50°. Die Differenz (A_s — B_s) wird mit wachsender Temperatur geringer und nimmt von 48° ab einen nahe konstanten Wert an.

XI. Zusammenfassung.

Die Leitfähigkeiten der untersuchten Elektrolyte zeigen in dem Intervall von 0° bis 100° ein allmähliches Ansteigen, welches sich durch eine quadratische Interpolationsformel mit ziemlicher Genauigkeit, aber nicht vollständig darstellen lässt.

Der Dissoziationsgrad von Kaliumbromid in wässeriger Lösung nimmt mit steigender Temperatur bis 100° ab und zwar um so stärker, je höher die Konzentration ist. Die lineare Beziehung zwischen Dissoziationsgrad und prozentischem äquivalenten Dichtezuwachs Δ_s bleibt auch für hohe Temperaturen bestehen. Der bei 0° sehr starke Anstieg der Δ_s — i-Kurven nimmt bis 48° ab, um dann bis 100° nahe konstant zu bleiben.

Die Leitfähigkeit unterhalb 0° nimmt gleichmässig bis zum Uebergang der Lösung in den festen Aggregatzustand ab und lässt sich durch eine quadratische Beziehung darstellen.

Es folgt dann bei der kryohydratischen Temperatur der einzelnen Elektrolyte ein Sturz der Leitfähigkeit auf den 10^{-2} bis 10^{-6}ten Teil. Diese Abnahme wird durch den Uebergang in den festen Aggregatzustand (Kryohydratbildung) hervorgerufen.

Im festen Aggegratzustande geht die Leitfähigkeitsänderung wieder langsamer vor sich, jedoch ändert sich bei einzelnen Elektrolyten die Stärke der Abnahme innerhalb bestimmter Temperaturintervalle. Vier Lösungen zeigen bei tieferen Temperaturen noch einen zweiten Sprung in der Leitfähigkeit, der wahrscheinlich auf eine zweite Kryohydratbildung in dem festen Elektrolyten zurückzuführen ist. — Für die einzelnen Phasen des festen Zustandes gilt die Beziehung von Rasch und Hinrichsen zwischen Leitfähigkeit und Temperatur.

Bei fünf der von tiefsten Temperaturen (—80°) aufwärts untersuchten Lösungen war es mit den zu Gebote stehenden Mitteln nicht mehr möglich, die auftretenden Widerstände zu messen. Diese lagen oberhalb 10^{10} Ohm auf 1 cm^3.

Verschiedene Elektrolyte zeigten in gefrorenem Zustande bei der Messung des Widerstandes aus Spannung und Stromstärke, dass bei langsam steigender Temperatur und konstanter Spannung die Stromstärke abnahm, dass also der Widerstand des Elektrolyten stieg. Es ist dies eine ähnliche Erscheinung, wie sie bei der Elektrolyse des Glases, wo sich eine Na-arme Schicht bildet, bei flüssigen Lösungen, wo eine von gelöster Substanz freie Wasserschicht auftritt, und bei den elektrolytischen Ventilwirkungen, bei denen eine an der Anode entstehende Gasschicht ein Steigen des Widerstandes bewirkt, beobachtet worden. Die Erscheinung bei den gefrorenen Elektrolyten wird auf die Bildung einer ähnlichen Schicht, wie bei der Glaselektrolyse zurückzuführen sein.

Zum Schluss sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. A. Heydweiller, für die gütige Ueberlassung dieser Arbeit, für sein reges Interesse an dieser Abhandlung während ihrer Anfertigung und für die Drucklegung meinen ganz ergebensten Dank auszusprechen.

Zu den Tabellen und Tafeln.

Die Erklärung zu den Tabellen 1 bis 16 und der Tafel I findet sich im § VII auf den Seiten 15 bis 17, und die der Tabelle 17 und Tafel II im § X auf Seite 28.

Tabelle 1.

LiBr : m = 7.980; $s_{18/18}$ = 1.4748

$$\lg \varkappa = A + \frac{B}{T}$$

Für das Intervall von — 77.05° bis — 73.85°: A = 15.323;
B = — 4296.4

Beobachtungszeit	Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Widerstand in 10^{-4} Ohm	Leitfähigkeit · 10^6 bestimmt	Leitfähigkeit · 10^6 berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
6[25]	— 76.7	— 77.05	750	0.248	0.248	±	Die Messungen der Widerstände erfolgten mit Gleichstrom und Brückenschaltung.
30	— 76.5	— 76.85	710	0.262	0.263	— 0.5	
37	— 76.15	— 76.45	685	0.272	0.290	— 6.7	
41	— 75.8	— 76.10	615	0.303	0.317	— 4.7	
44	— 75.6	— 75.9	595	0.313	0.334	— 6.8	
47	— 75.4	— 75.7	560	0.332	0.354	— 6.7	
53	— 75.0	— 75.25	470	0.396	0.388	+ 2	
7[00]	— 74.55	— 74.8	410	0.454	0.440	+ 3.1	
05	— 74.1	— 74.3	380	0.480	0.501	— 4.4	
08	— 73.65	— 73.85	330	0.564	0.564	±	

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von — 73.7° bis — 66.23°:

Beobachtungszeit	Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Widerstand in 10^{-4} Ohm	Leitfähigkeit · 10^6 bestimmt	Bemerkungen
7[11]	— 73.5	— 73.7	305	0.610	
16	— 73.3	— 73.45	235	0.792	
22	— 72.8	— 72.95	205	0.907	
26	— 72.7	— 72.8	155	1.20	
30	— 72.15	— 72.25	100	1.86	
33	— 71.75	— 71.85	85	2.19	
36	— 71.6	— 71.7	45	4.13	Umwandlungspunkt der Lösung bei ca. — 70° (Kryohydrat). (Gefriertemperatur).
42	— 71.25	— 71.3	35	5.32	
45	— 70.65	— 70.9	22	8.46	

Beobachtungszeit	Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Minimum a. d. Brücke abgelesen	Minimum a. d. Brücke korrigiert	Vergleichswiderstand in Ohm	Bestimmte Leitfähigkeit · 10^6	Bemerkungen
2[20]	— 70.35	— 70.35	481.0	481.3	10^5	20.05	An Stelle obiger Messmethode wurde von — 70.35° ab die mit der Wheatstoneschen Brücke und Wechselstrom benutzt.
24	— 69.6	— 69.6	300.0	298.6	10^5	43.69	
27	— 69.35	— 69.3	195.0	196.9	10^5	75.88	
29	— 69.05	— 68.95	147.8	150.6	10^5	104.9	
31	— 68.3	— 68.2	530.0	530.0	10^4	164.9	
32	— 68.0	— 67.9	460.0	460.3	10^4	218.1	
33	— 67.7	— 67.6	410.0	406.9	10^4	271.2	
34	— 67.35	— 67.25	350.0	348.0	10^4	348.6	
36	— 66.85	— 66.65	790.0	795.0	10^3	479.8	
38	— 66.35	— 66.25	740.0	743.0	10^3	643.4	

Fortsetzung von Tabelle 1.

Für das Intervall von -65.65^0 bis -58.65^0: $A = 10.7116$; $B = -2859.3$

Beob-achtungs-zeit	Temperatur		Minimum a. d. Brücke		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
	abgelesen	korrigiert	abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
2^{40}	— 65.8	— 65.65	690.0	688.7	$0.8408 \cdot 10^{-3}$	$0.8406 \cdot 10^{-3}$	±	Vergleichswiderstand in 10^3 Ohm.
43	— 64.8	— 64.55	640.0	639.3	$0.1005 \cdot 10^{-2}$	$0.9899 \cdot 10^{-3}$	+ 1.5	
48	— 63.2	— 62.9	590.0	590.4	$0.1251 \cdot 10^{-2}$	$0.1272 \cdot 10^{-2}$	— 1.5	
50	— 62.5	— 62.15	565.0	564.7	$0.1434 \cdot 10^{-2}$	$0.1415 \cdot 10^{-2}$	+ 1	
53	— 61.65	— 61.25	530.0	530.1	$0.1641 \cdot 10^{-2}$	$0.1620 \cdot 10^{-2}$	+ 1.2	
55	— 60.75	— 60.35	500.0	500.2	$0.1859 \cdot 10^{-2}$	$0.1852 \cdot 10^{-2}$	±	
57	— 60.05	— 59.6	475.0	475.2	$0.2054 \cdot 10^{-2}$	$0.2054 \cdot 10^{-2}$	±	
59	— 59.55	— 59.05	455.0	455.3	$0.2226 \cdot 10^{-2}$	$0.2226 \cdot 10^{-2}$	±	
3^{00}	— 59.10	— 58.65	440.0	440.4	$0.2363 \cdot 10^{-2}$	$0.2363 \cdot 10^{-2}$	±	

$$\varkappa = \varkappa_0 \left[1 + c\,(t - t_0) + c'\,(t - t_0)^2\right]$$

Für das Intervall von -59.1^0 bis 0^0:

$\varkappa_0 = 0.1161$; $c = 0.02557$; $c' = 0.0001713$

Beob-achtungs-zeit	Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Minimum abgelesen	Minimum korrigiert	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
1^{55}	— 58.4	— 59.1	613.4	613.5	0.01015	0.01012	+ 0.3	Vergleichswiderstand 100 Ohm. Bei -59.1^0 war die Lösung flüssig.
59	— 57.0	— 57.8	595.2	595.7	0.01093	0.01094	— 0.1	
2^{02}	— 55.6	— 56.15	571.8	571.5	0.01208	0.01210	— 0.2	
04	— 53.9	— 54.55	543.7	543.4	0.01354	0.01333	+ 1.6	
06	— 52.5	— 52.8	523.6	523.6	0.01466	0.01478	— 1	
08	— 51.9	— 52.3	510.7	510.8	0.01543	0.01522	+ 1.5	
09	— 51.2	— 51.7	500.0	500.2	0.01610	0.01577	+ 2	
12	— 49.9	— 50.2	480.0	480.3	0.01744	0.01719	+ 1.4	
14	— 48.4	— 48.8	461.2	461 5	0.01880	0.01857	+ 1.3	
17	— 47.2	— 47.7	443.1	443.5	0.02021	0.01973	+ 2.4	
20	— 45.25	— 45 8	421.0	420.3	0.02222	0.02183	+ 1.8	
24	— 43.4	— 43.7	400.0	396.3	0.02454	0.02433	+ 0.9	
27	— 42.0	— 42.2	381.2	378.7	0.02643	0.02622	+ 0.8	
31	— 40.1	— 40.25	360.0	357.6	0.02894	0.02863	+ 1.1	
35	— 38.4	— 38.75	342.1	340.3	0.03123	0.03090	+ 1.1	
39	— 37.1	— 37.35	325.8	324.1	0.03360	0.03294	+ 2	
44	— 35.0	— 35.15	307.5	306.0	0.03653	0.03629	+ 0.7	
48	— 33.25	— 33.55	292.8	291.5	0.03915	0.03885	+ 0.8	
54	— 31.2	— 31.25	275.4	274.4	0.04260	0.04254	+ 0.1	

Fortsetzung von Tabelle 1.

Beobachtungszeit	Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Minimum a. d. Brücke abgelesen	Minimum a. d. Brücke korrigiert	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
2 57.5	— 30.0	— 30.2	266.2	265.3	0.04461	0.04458	+ 0.1	
3 01	— 28.9	— 29.1	256.8	256.0	0.04682	0.04715	— 0.7	
05	— 27.6	— 27.85	247.7	247.2	0.04906	0.04881	+ 0.5	
10	— 26.0	— 26.15	235.6	235.5	0.05230	0.05202	+ 0.5	
15	— 24.5	— 24.7	226.7	227.3	0.05476	0.05486	— 0.2	
20	— 23.2	— 23.4	217.0	218.1	0.05774	0.05747	+ 0.4	
28	— 21.5	— 21.8	207.1	208.4	0.06129	0.06078	+ 0.8	
36	— 19.15	— 19.3	195.2	197.1	0.06561	0.06621	— 0.9	
40	— 18.2	— 18.4	188.4	190.5	0.06845	0.06815	+ 0.4	
45	— 17.3	— 17.45	183.8	186.1	0.07045	0.07029	+ 0.2	
50	— 16.3	— 16.45	178.6	181.0	0.07290	0.07258	+ 0.4	
55	— 15.2	— 15.35	173.4	175.9	0.07548	0.07515	+ 0.4	
4 00	— 14.25	— 14.4	168.8	171.4	0.07790	0.07741	+ 0.6	
05	— 13.5	— 13.65	164 9	167.6	0.08000	0.07922	+ 1	
15	— 11.9	— 12.0	158.9	161.7	0.08352	0.08327	+ 0.3	
25	— 10 5	— 10.6	153.6	156.4	0.08690	0.08679	+ 0.1	
37	— 9.5	— 9.6	147.2	149.9	0.09135	0 08943	+ 2.1	
45	— 8.4	— 8.5	142.0	144.6	0.09530	0.09222	+ 3.1	
50	— 6.6	— 6.7	136.6	138.9	0.09988	0.09702	+ 2.8	
55	— 4.0	— 4.55	132.4	134.4	0.1038	0.1028	+ 1	
5 00	— 2.5	— 3.05	128.5	130.2	0.1076	0.1071	+ 0.5	
05	— 1.0	— 1.55	124.4	125.8	0.1120	0.1115	+ 0.5	
15	+ 0.3	— 0.25	121.2	122.4	0.1155	0.1153	+ 0.1	

Temperatur	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$	Bemerkungen
0	0.1161	0.1161	±	1.4820	
18	0.1685	0.1726	— 2.3	1.4744	
48	0.2776	0.2785	— 0.3	1.4601	
78	0.4000	0.3989	+ 0.3	1.4435	
100	0.4964	0.4961	+ 0.1	1.4301	
108	0.5294	0.5335	— 0.8	1.4248	

Tabelle 2.

NaCl : m = 1.016 ; $s_{18/18}$ = 1.0411

a.

Für das Intervall von —55.55° bis —27.85°: A = 11.9566; B = —4645.9

Beobachtungszeit	Temperatur		Spannung in Volt	Ausschlag am Galvanometer in der		Stromstärke in Amp. · 10⁸	Leitfähigkeit · 10⁸		Differenz in %	Bemerkungen
	abgelesen	korrigiert		1. Stromrichtung	2. Stromrichtung		bestimmt	berechnet		
12²³	— 53.3	— 55.55	220	0.37	0.31	7.25	0.03889	0.03887	±	Bestimmungsmethode: Messung von Spannung und Stromstärke.
25	— 52.3	— 54.6	220	0.44	0.41	9.4	0.05042	0.04854	+ 4	
27	— 51.2	— 53.55	220	0.55	0.50	11.9	0.06383	0.06132	+ 4.1	
29.5	— 50.1	— 52.5	220	0.68	0.64	15.15	0.08126	0.07738	+ 5	
31.5	— 49.1	— 51.5	220	0.83	0.77	18.7	0.1003	0.09550	+ 4.5	
34	— 48.1	— 50.55	220	1.0	1.0	23.7	0.1271	0.1176	+ 7.5	
36.5	— 47.0	— 49.5	220	1.23	1.23	29.8	0.1598	0.1481	+ 7	
39.5	— 45.8	— 48.35	220	1.56	1.55	38.15	0.2046	0.1880	+ 7.7	
43	— 44.5	— 47.1	220	2.05	2.04	50.7	0.2722	0.2457	+ 10	
46	— 43.3	— 45.95	220	2.47	2.46	62	0.3327	0.3070	+ 7.6	
52.5	— 41.3	— 43.95	220	3.55	3.50	91	0.4883	0.4708	+ 3.8	
56	— 39.7	— 42.4	220	4.60	4.59	122	0.6548	0.6427	+ 1.9	
1⁰⁰	— 38.4	— 41.1	220	5.90	5.87	157	0.8428	0.8387	+ 0.4	
05	— 37.0	— 39.75	220	7.31	7.25	200	1.074	0.9870	+ 8	
10.5	— 35.3	— 38.0	220	9.48	9.38	269	1.445	1.532	— 6	
15	— 34.0	— 36.75	220	11.8	11.67	343	1.842	1.951	— 6	
20	— 31.7	— 34.45	220	16.84	16.70	529	2.844	3.031	— 6.7	
26	— 29.2	— 31.95	72	9.13	8.82	252	4.154	4.841	— 14	
27.5	— 28.8	— 31.55	72	9.65	9.55	274	4.506	5.212	— 14	
33	— 27.7	— 30.4	72	11.9	11.75	350	5.765	6.387	— 11	
36	— 27.3	— 30.0	72	13.8	13.52	411	6.775	6.875	— 1.5	
40	— 26.3	— 29.0	72	16.05	16.0	501	8.268	8.266	±	
43	— 25.7	— 28.35	72	17.6	17.5	566	9.350	9.241	+ 1.2	
45.5	— 25.2	— 27.85	72	19.8	19.5	640	10.58	10.15	+ 4	

b.

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von —23° bis ca. —19°:

Temperatur		Leitfähigkeit · 10⁶	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert		
— 20.4	— 23.0	0.759	Kryohydrattemperatur bei —22°.
— 18.5	— 21.15	51.5	
— 17.1	— 19.60	2120	
— 8.9	— 11.0	8704	Gefriertemperatur bei ca. —5°.

c.

Intervall von 0^0 bis 100^0;
Vergleichswiderstand bei 1.2^0 und 0^0 = 1000 Ohm, sonst 100 Ohm

Temperatur		Minimum a. d. Brücke		Gemessene Leitfähigkeit	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	abgelesen	korrigiert		
18.00	18.00	734.7	737.5	0.07345 *)	Die mit * versehenen Leitfähigkeiten sind Mittelwerte aus mehreren Ablesungen; die Temperatur blieb während dieser Ablesungen konstant.
1.2	1.2	291.7	293.0	0.04981	
0	0.00	298.3	299.6	0.04824 *)	
18.10	18.10	734.5	737.2	0.07357	
47.90	47.90	622.0	621 9	0.1255	
48.00	48.00	621.5	621.4	0.1257	
48.25	48.25	620.4	620.4	0.1263	
77.7	77.83	534.0	533.9	0.1802 *)	
100.3	100.24	484.0	484.3	0.2198 *)	
77.7	77.81	533.7	533.6	0.1804 *)	
48.15	48.15	620.4	620.3	0.1263	
48.00	48.00	621.0	620.9	0.1260	
47.85	47.85	621.8	621.7	0.1256	
18.00	18.00	733.9	736.6	0 07380 *)	

d.

$$\varkappa = \varkappa_0 [1 + c(t - t_0) + c'(t - t_0)^2]$$

$c = 0.03154$; $c' = 0.00005151$

Temperatur	Leitfähigkeit		Differenz in %	Leitfähigkeit berechnet	L.: korr. - ber. in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$	Bemerkungen
	interpoliert [1])	korrigiert [2])					
0	0.04824	0.04815	+ 0.2	0.04815	±	1.0435	[1]) i. aus den gemessenen Leitfähigkeiten. [2]) k. wegen der Ausdehnung, s. § VIa.
18	0.07345	0.07345	±	0.07628	— 3.8	1.0396	
48	0.1259	0.1265	— 0.5	0.1267	— 0.2	1.0282	
78	0.1806	0.1833	— 1.5	0.1817	+ 0.9	1.0137	
100	0.2194	0.2249	— 3	0.2248	±	0.9998	

Tabelle 3.

$^1/_2$ $CaCl_2$: m = 6.960; $s_{18/18}$ = 1.2850

Für das Intervall von — 78.65^0 bis — 59.2^0: A = 13.8358; B = — 4531.6

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 78.27	— 78.6	$0.0441 \cdot 10^{-8}$	$0.0324 \cdot 10^{-8}$	+ 27	
— 74.85	— 75.1	$0.0857 \cdot 10^{-8}$	$0.0857 \cdot 10^{-8}$	±	
— 68.00	— 67.9	$0.5492 \cdot 10^{-8}$	$0.5493 \cdot 10^{-8}$	±	Kryohydratpkt. } bei
— 59.5	— 59.0	$4.065 \cdot 10^{-8}$	$4.313 \cdot 10^{-8}$	— 6	Gefriertemperatur } — 57.9^0

Fortsetzung von Tabelle 3.

Für das Intervall von -52.9^0 bis 0^0:

$c = 0.02664$; $c' = 0.000175$; $\varkappa_0 = 0.1080$

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 52.4	— 52.9	0.008692	0.008690	±	Elektrolyt in flüssigem Zustande.
— 40.1	— 40.45	0.02185	0.02252	— 3	
— 29.3	— 29.8	0.03890	0.03905	— 3	
— 24.2	— 24.6	0.04864	0.04866	±	
— 19.4	— 19.85	0.05881	0.05835	+ 0.8	
— 9.8	— 10.05	0.08310	0.08099	+ 2.5	
0	0	0.1080	0.1080	±	

Für das Intervall von 0^0 bis 108^0:

$c = 0.03048$; $c' = 0.00006074$; $\varkappa_0 = 0.1080$

					Spezifisches Gewicht $^{t}/_{18}$
	0	0.1080	0.1080	±	1.2957
	18	0.1670	0.1601	+ 4.0	1.2867
	48	0.2811	0.2830	— 0.7	1.2705
	78	0.4069	0.4077	— 0.2	1.2524
	100	0.5028	0.5028	±	1.2381
	108	0.5361	0.5441	— 1.5	1.2309

Tabelle 4.

NaJ : m = 7; $s_{18/18}$ = 1.7801 oder **m = 6.789; $s_{18/18}$ = 1.7434**

Für das Intervall von -72.5^0 bis -59.0^0:

$A = -0.1264$; $B = -1869.9$

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 72.4	— 72.5	$0.384 \cdot 10^{-9}$	$0.352 \cdot 10^{-9}$	+ 10	m = 6.789 bis -28.4^0
— 66.05	— 65.85	$0.658 \cdot 10^{-9}$	$0.701 \cdot 10^{-9}$	— 7	
— 59.4	— 59.0	$0.153 \cdot 10^{-8}$	$0.137 \cdot 10^{-8}$	+ 11	

Fortsetzung von Tabelle 4.

Für das Intervall von -56.55^0 bis -41.25^0:

$A = 21.1676$; $B = -6447.7$

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 55.4	— 56.55	$0.2392 \cdot 10^{-8}$	$0.2392 \cdot 10^{-8}$	±	
— 52.2	— 53.55	$0.7352 \cdot 10^{-8}$	$0.6094 \cdot 10^{-8}$	+ 17	
— 43.5	— 45.25	$0.6628 \cdot 10^{-7}$	$0.7283 \cdot 10^{-7}$	— 10	
— 39.5	— 41.25	$0.2182 \cdot 10^{-6}$	$0.2182 \cdot 10^{-6}$	±	

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von -33.7^0 bis -28.4^0:

abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 31.8	— 33.7	$0.5943 \cdot 10^{-5}$	—	—	Kryohydrattemperatur
— 29.0	— 30.9	$0.1616 \cdot 10^{-3}$	—	—	und Gefriertemperatur bei
— 26.5	— 28.4	$0.8748 \cdot 10^{-2}$	—	—	-31.3^0.

Für das Intervall von -25^0 bis 0^0:

$\varkappa_0 = 0.1286$; $c = 0.02943$; $c' = 0.0002046$

abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 25.0	— 25.0	0.04947	0.04947	±	$m = 7$ bis $+100^0$
— 20.5	— 20.5	0.06143	0.06129	+ 0.2	
— 12.4	— 12.4	0.08524	0.08524	±	
— 9.5	— 9.5	0.09288	0.09466	— 2	
0	0	0.1286	0.1286	±	

Für das Intervall von 0^0 bis 100^0:

$\varkappa_0 = 0.1286$; $c = 0.03686$; $c' = 0.0000479$

Temperatur	Leitfähigkeit		Differenz in %	Spezifisches Gewicht $St/_{18}$ für $m = 6.789$	Bemerkungen
	bestimmt	berechnet			
0	0.1286	0.1286	±	1.7598	Von der Konzentration $m = 7$ wurde die Leitfähigkeit bis 100^0 gemessen, und für 108^0 nur berechnet. Die Bestimmung bei 108^0 erfolgte an einer 6.789-fachen Konzentration.
18	0.2112	0.2159	— 2.2	1.7441	
48	0.3735	0.3703	+ 0.9	1.7172	
78	0.5315	0.5358	— 0.8	1.6894	
100	0.6641	0.6642	±	1.6683	
108	[0.7318]	0.7124	—	1.6579	

Tabelle 5.

$\frac{1}{2}\ CaCl_2 : m = 4.950;\ s_{18/18} = 1.2091$

Für das Intervall von -77.95^0 bis -58.8^0:

$A = 3.9197;\ B = -2502.2$

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 77.55	— 77.95	$0.1466 \cdot 10^{-8}$	$0.1241 \cdot 10^{-8}$	+ 16	Tieferer Kryohydratpunkt bei -78.1^0.
— 72.92	— 73.15	$0.2504 \cdot 10^{-8}$	$0.2504 \cdot 10^{-8}$	— +	
— 67.78	— 67.65	$0.3974 \cdot 10^{-8}$	$0.5416 \cdot 10^{-8}$	— 37	
— 62.10	— 61.75	$0.1193 \cdot 10^{-7}$	$0.1193 \cdot 10^{-7}$	±	Höherer Kryohydratpunkt und Gefriertemperatur bei -57.3^0.
— 59.25	— 58.80	$0.2185 \cdot 10^{-7}$	$0.1725 \cdot 10^{-7}$	+ 21	

Für das Intervall von -56.8^0 bis 0^0:

$\varkappa_{(-6.2^0)} = 0.1002;\quad c = 0.02252;\quad c' = 0.00000401$

Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 55.6	— 56.8	0.004820	—	—	Lösung flüssig.
— 48.0	— 48.6	0.008828	0.005227	+ 40	
— 46.3	— 46.9	0.01036	0.01036	±	
— 36.6	— 37.2	0.02414	0.03062	— 21	
— 26.0	— 26.4	0.05478	0.05478	±	
— 15.4	— 15.8	0.07860	0.07858	±	
— 6.0	— 6 2	0.1002	0.1002	±	
0	0	0.1171	0.1171	+ 3	

Für das Intervall von 0^0 bis 100^0:

$\varkappa_0 = 0.1171;\ c = 0.02973;\ c' = 0.00003348$

Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
	0	0.1171	0.1171	±	1.2153
	18	0.1770	0.1810	— 2.2	1.2101
	48	0.2924	0.2932	— 0.3	1.1988
	78	0.4130	0.4125	+ 0.1	1.1842
	100	0.5044	0.5044	±	1.1672

Tabelle 6.

$LiNO_3$: m = 5.939; $s_{18/18}$ = 1.2257

Für das Intervall von — 68.0° bis — 59.45°: A = 6.5521; B = — 3446

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 68.1	— 68.0	$0.5517 \cdot 10^{-10}$	$0.5522 \cdot 10^{-10}$	±	Lösung fest.
— 64.35	64.1	$0.1072 \cdot 10^{-9}$	$0.1137 \cdot 10^{-9}$	— 4	
— 62.2	— 61.85	$0.1702 \cdot 10^{-9}$	$0.1701 \cdot 10^{-9}$	±	
— 59.9	— 59.45	$0.2632 \cdot 10^{-9}$	$0.2594 \cdot 10^{-9}$	+ 1.5	

Für das Intervall von — 58.8° bis — 38.75°: A = 7.4312; B = — 3438

abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 57.8	— 58.8	$0.2494 \cdot 10^{-8}$	$0.2413 \cdot 10^{-8}$	+ 3.3	Tieferer Kryohydratpunkt bei — 58.9°.
— 52.0	— 53.35	$0.6236 \cdot 10^{-8}$	$0.5992 \cdot 10^{-8}$	+ 4	
— 43.2	— 44.9	$0.2120 \cdot 10^{-7}$	$0.2269 \cdot 10^{-7}$	— 7	
— 38.5	— 40.35	$0.4365 \cdot 10^{-7}$	$0.4511 \cdot 10^{-7}$	— 3.1	
— 36.9	— 38.75	$0.6236 \cdot 10^{-7}$	$0.5678 \cdot 10^{-7}$	+ 9	

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von — 28.5° bis — 22.6°:

abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 26.6	— 28.5	$0.3117 \cdot 10^{-5}$	—	—	
— 25.6	— 25.95	$0.1750 \cdot 10^{-3}$	—	—	Höherer Kryohydratpunkt und Gefriertemperatur bei ca. — 24°.
— 22.3	— 22.6	$0.1016 \cdot 10^{-1}$	—	—	

Für das Intervall von — 20.2° bis 0°:

$\varkappa_{-34}$ = 0.08928; c = 0.02646; c' = 0.00008763

abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 19.9	— 20.2	0.05231	0.05180	+ 1	Lösung flüssig.
— 13.5	— 13.8	0.06556	0.06555	±	
— 6 0	— 6.25	0.08298	0.08261	+ 0.5	
0	0	0.09719	0.09740	— 0.2	

Für das Intervall von 0° bis 100°:

$\varkappa_0$ = 0.09719; c = 0.02903; c' = 0.0000358

abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet	Differenz in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
	0	0.09719	0.09719	±	1.2340
	18	0.1455	0.1491	— 2.3	1.2260
	48	0.2397	0.2406	— 0.4	1.2090
	78	0.3405	0.3385	+ 0.6	1.1901
	100	0.4141	0.4142	±	1.1747

Tabelle 7.

KBr : m = 4.062; $s_{18/18}$ = 1.3284

Für das Intervall von —76.55° bis —71.5°:

A = 41.3512; B = —10052

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 76.2	— 76.55	$0.1538 \cdot 10^{-9}$	$0.1537 \cdot 10^{-9}$	±	Tieferer Kryohydratpunkt bei ca. —73°.
— 73.7	— 73.9	$0.8548 \cdot 10^{-9}$	$0.7064 \cdot 10^{-9}$	+ 15	
— 71.95	— 72.1	$0.1850 \cdot 10^{-8}$	$0.2095 \cdot 10^{-8}$	— 14	
— 71.4	— 71.5	$0.2908 \cdot 10^{-8}$	$0.2909 \cdot 10^{-8}$	±	

Für das Intervall von —70.65° bis —22.1°:

A = 4.8647; B = —2693.8

Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 70.55	— 70.65	$0.3563 \cdot 10^{-8}$	$0.3564 \cdot 10^{-8}$	±	
— 60.65	— 60.3	$0.1710 \cdot 10^{-7}$	$0.1589 \cdot 10^{-7}$	+ 7	
— 35.3	— 37.25	$0.2452 \cdot 10^{-6}$	$0.2739 \cdot 10^{-6}$	— 11	
— 20 1	— 22.1	$0.1340 \cdot 10^{-5}$	$0.1339 \cdot 10^{-5}$	±	

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von —16.6° bis —12.75°:

Temperatur abgelesen	Temperatur korrigiert	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Bemerkungen
— 14.8	— 16.6	$0.9526 \cdot 10^{-5}$	—	—	
— 13.9	— 15.65	$0.2104 \cdot 10^{-4}$	—	—	Höherer Kryohydratpunkt bei — 14.4°.
— 12.5	— 14.2	$0.1779 \cdot 10^{-3}$	—	—	
— 11.1	— 12.75	$0.3069 \cdot 10^{-2}$	—	—	

Für das Intervall von 0° bis 100°:

$\varkappa_0 = 0.2515$; $c = 0.02211$; $c' = -0.00001352$

	Temperatur	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
	0	0.2515	0.2515	±	1.3346
	18	0.3467	0.3510	+ 1.3	1.3257
	48	0.5103	0.5105	±	1.3096
	78	0.6724	0.6645	— 1.3	1.2895
	100	0.7735	0.7735	±	1.2750

Tabelle 8.

NaBr : m = 3.885; $s_{18/18}$ = 1.2971

Für das Intervall von — 75.15° bis — 48.95°:

A = — 1.1564; B = — 1504

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 74.9	— 75.15	$0.1768 \cdot 10^{-8}$	$0.1741 \cdot 10^{-8}$	+ 1.6	
— 72.2	— 72.3	$0.2184 \cdot 10^{-8}$	$0.2234 \cdot 10^{-8}$	— 2.3	
— 53.9	— 55.1	$0.8926 \cdot 10^{-8}$	$0.8742 \cdot 10^{-8}$	+ 2.1	
— 47.4	— 48.95	$0.1339 \cdot 10^{-7}$	$0.1353 \cdot 10^{-7}$	— 1.1	

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von — 33.95° bis — 25.8°:

— 32.1	— 33.95	$0.1116 \cdot 10^{-5}$	—	—	Kryohydratpunkt bei ca. — 30°.
— 28.0	— 29.85	$0.2885 \cdot 10^{-4}$	—	—	
— 23.9	— 25.8	$0.2295 \cdot 10^{-2}$	—	—	

Für das Intervall von 0° bis 100°:

$\varkappa_0$ = 0.1380; c = 0.03070; c' = 0.00002377

					Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
	0	0.1380	0.1380	±	1.3037
	18	0.2086	0.2153	— 3.2	1.2963
	48	0.3446	0.3489	— 1.2	1.2787
	78	0.4912	0.4884	+ 0.6	1.2589
	100	0.5943	0.5944	±	1.2431

Tabelle 9.

NH_4Br : m = 3.989; $s_{18/18}$ = 1.2126

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von — 14.8° bis — 8.8°:

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 14.4	— 14.45	$0.4205 \cdot 10^{-4}$	—	—	Kryohydratpunkt bei ca. — 14.5°.
— 10.5	— 10.55	$0.7663 \cdot 10^{-2}$	—	—	
— 8.75	— 8.8	$0.7885 \cdot 10^{-1}$	—	—	

Fortsetzung von Tabelle 9.

Für das Intervall von 0° bis 100°:

$\varkappa_0 = 0.2614$; $c = 0.02186$; $c' = -0.00001010$

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
	0	0.2614	0.2614	±	1.2185
	18	0.3605	0.3634	— 0.8	1.2115
	48	0.5300	0.5296	+ 0.1	1.2006
	78	0.7005	0.6910	+ 1.3	1.1823
	100	0.8064	0.8064	±	1.1689

Tabelle 10.

LiCl : m = 0.9911; $s_{18/18}$ = 1.2019

Für das Intervall von —79.3° bis —15.65°:

$A = 5.1024$; $B = -1924.3$

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
— 78.85	— 79.3	$0.1495 \cdot 10^{-4}$	$0.1470 \cdot 10^{-4}$	+ 1	Lösung fest.
— 70.3	— 70.3	$0.4054 \cdot 10^{-4}$	$0.4054 \cdot 10^{-4}$	±	
— 60.05	— 59.6	$0.1180 \cdot 10^{-3}$	$0.1217 \cdot 10^{-3}$	— 3	
— 47.1	— 49.6	$0.3522 \cdot 10^{-3}$	$0.3072 \cdot 10^{-3}$	+ 13	
— 37.0	— 39.75	$0.7127 \cdot 10^{-3}$	$0.7128 \cdot 10^{-3}$	±	
— 30.3	— 30.15	$0.1334 \cdot 10^{-2}$	$0.1507 \cdot 10^{-2}$	— 13	Kryohydratpunkt bei ca. —16°.
— 19.75	— 19.8	$0.2702 \cdot 10^{-2}$	$0.3187 \cdot 10^{-2}$	— 18	Gefriertemperatur bei ca. —4°.
— 15.6	— 15.65	$0.4490 \cdot 10^{-2}$	$0.4195 \cdot 10^{-2}$	+ 7	

Für das Intervall von 0° bis 100°:

$\varkappa_0 = 0.03513$; $c = 0.03553$; $c' = 0.00006228$

					Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
	0	0.03513	0.03513	±	1.0234
	18	0.05816	0.05830	— 0.2	1.0216
	48	0.1000	0.1001	— 0.1	1.0115
	78	0.1452	0.1461	— 0.6	0.9972
	100	0.1818	0.1818	±	0.9843

Tabelle 11.

NaJ : m = 0.944; $s_{18/18}$ = 1.1078

Für das Intervall von -64.8^0 bis -41.7^0:
A = 17.3577; B = −5646.9

Temperatur		Leitfähigkeit		Differenz in %	Bemerkungen
abgelesen	korrigiert	bestimmt	berechnet		
−65.0	−64.8	$0.172 \cdot 10^{-9}$	$0.172 \cdot 10^{-9}$	±	Lösung fest.
−60.0	−59.55	$0.7597 \cdot 10^{-9}$	$0.7982 \cdot 10^{-9}$	− 5	
−50.0	−52.4	$0.4814 \cdot 10^{-8}$	$0.5756 \cdot 10^{-8}$	− 20	
−42.0	−44.65	$0.4265 \cdot 10^{-7}$	$0.4263 \cdot 10^{-7}$	±	
−39.0	−41.7	$0.1075 \cdot 10^{-6}$	$0.8710 \cdot 10^{-7}$	+ 20	

Intervall der schnellen Leitfähigkeitsänderung von -34.65^0 bis -30.1^0:

−31.9	−34.65	$0.1278 \cdot 10^{-5}$	—	—	
−28.9	−31.65	$0.1305 \cdot 10^{-4}$	—	—	Kryohydratpunkt bei -31^0.
−27.9	−30.6	$0.5165 \cdot 10^{-4}$	—	—	
−27.4	−30.1	$0.1069 \cdot 10^{-3}$	—	—	

Für das Intervall von -27.8^0 bis -13.85^0:
A = 10.5125; B = −3225

−27.8	−27.8	$0.2443 \cdot 10^{-2}$	$0.2296 \cdot 10^{-2}$	+ 6	Die Lösung war noch nicht vollständig flüssig.
−20.4	−20.4	$0.4559 \cdot 10^{-2}$	$0.5553 \cdot 10^{-2}$	− 20	
−13.8	−13.85	$0.1205 \cdot 10^{-1}$	$0.1168 \cdot 10^{-1}$	+ 3	

Für das Intervall von 0^0 bis 100^0:

$\varkappa_0 = 0.05036$; $c = 0.02763$; $c' = 0.00006656$

					Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
	0	0.05036	0.05036	±	1.1122
	18	0.07442	0.07649	− 2.9	1.1066
	48	0.1257	0.1249	+ 0.6	1.0937
	78	0.1809	0.1742	+ 3.7	1.0768
	100	0.2230	0.2230	±	1.0607

Tabelle 12.

KBr : m = 2; $s_{18/18}$ = 1.1644

$\varkappa_0 = 0.1321$; $c = 0.02544$; $c' = 0.00000878$

Temperatur	Leitfähigkeit bestimmt	Leitfähigkeit berechnet	Differenz in %	Spezifisches Gewicht $s_{t/18}$
0	0.1321	0.1321	±	1.1696
18	0.1911	0.1929	— 1	1.1640
48	0.2947	0.2960	+ 0.5	1.1508
78	0.4023	0.4012	+ 0.3	1.1334
100	0.4797	0.4797	±	1.1191

KBr : m = 0.999; $s_{18/18}$ = 1.0828

$\varkappa_0 = 0.06671$; $c = 0.02728$; $c' = 0.00002578$

0	0.06671	0 06671	±	1.0855
18	0.09902	0.09902	±	1.0824
48	0.1582	0.1560	+ 1.4	1.0707
78	0.2202	0.2171	+ 1.4	1.0545
100	0.2659	0.2639	— 0.8	1.0402

KBr : m = 0.498; $s_{18/18}$ = 1.0416

$\varkappa_0 = 0.03378$; $c = 0.02930$; $c' = 0.00003244$

0	0.03378	0.03378	±	1.0435
18	0.05130	0.05194	— 1.2	1.0412
48	0.08365	0.08380	— 0.2	1.0309
78	0.1168	0.1176	— 0.7	1.0151
100	0.1437	0.1437	±	1.0009

Tabelle 13. $^1/_2$ $CaCl_2$

Hechler 32.53 %		Hechler 32.22 %		Gropp 30.3 %; m = 6.96		Hechler 30.28 %	
Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4	Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4	Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4	Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4
— 30.58	330.8			— 32.4	345.2		
— 29.58	347.9			— 29.8	389.0		
— 20.6	513.8	— 20.62	517.7	— 21.9	540.9	— 20.4	563.5
— 19.73	531.4	— 19.43	544.5	— 19.9	588.1	— 20.18	571.6
— 11.71	715.9	— 11.51	725.2	— 11.65	795.2	— 11.78	772.2
+ 0.03	1013.3	+ 0.09	1036.9	0	1080	+ 0.18	1104.8

Kunz 29 %		Kunz 25.52 %		Gropp ca. 23 %; m = 4.95	
Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4	Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4	Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4
— 30.36	368.6			— 31.25	386.0
		— 28.32	435.5	— 29.15	453.4
— 20.81	596.6	— 20.69	638.9	— 21.4	653.9
				— 19.55	696.5
— 11.87	771.2	— 11.56	834.1	— 11.05	871.0
0	1102.8	0	1159.7	0	1171

Tabelle 14. NaJ

Hechler $s^{18}/_{18}$ = 1.785; (59.5 %)		Gropp $s^{18}/_{18}$ = 1.780	
Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4	Temperatur	Leitfähigkeit · 10^4
— 19.62	60.66	— 20.5	61.43
— 19.15	62.56	— 19.2	64.53
— 13.33	79.72	— 13.6	80.93
— 8.28	96.94	— 8.2	97.00
0	128.69	0	128.6
+ 2.42	138.50	+ 2.25	138.2

Tabelle 15.

Na Cl

Lyle und Hosking			Gropp		
Temperatur	Spezifisches Gewicht St/18	Leitfähigkeit · 10^3	Temperatur	Spezifisches Gewicht St/18	Leitfähigkeit · 10^3
0	1.0442	47.9	0	1.0435	48.15
15	1.0408		15	1.0407	
18	1.0401	74.06	18	1.0396	73.45
			48	1.0282	126.5
50	1.0275	130.5	50		130.3
			78	1.0137	183.3
80	1.0111	190.0	80		185.5
100	0.9983	227.6	100	0.9998	224.9

Tabelle 16.

Li Cl

Hosking			Gropp		
Temperatur	Spezifisches Gewicht St/18	Leitfähigkeit · 10^3	Temperatur	Spezifisches Gewicht St/18	Leitfähigkeit · 10^3
0	1.0253	40.03	0	1.0234	35.13
15	1.0229	63.26	15	1.0216	
			18	1.0207	58.16
			48	1.0119	100.0
50	1.0121	113.1	50		103.0
			78	0.9972	145.2
80	0.9972	165.3	80		149.0
100	0.9856	201.9	100	0.9843	181.8

Tabelle 17.

a.

Dissoziationsgrad

K Br

	0^0	18^0	48^0	78^0	100^0
$\Lambda_0 =$	82.96	131.6	225.4	335	415

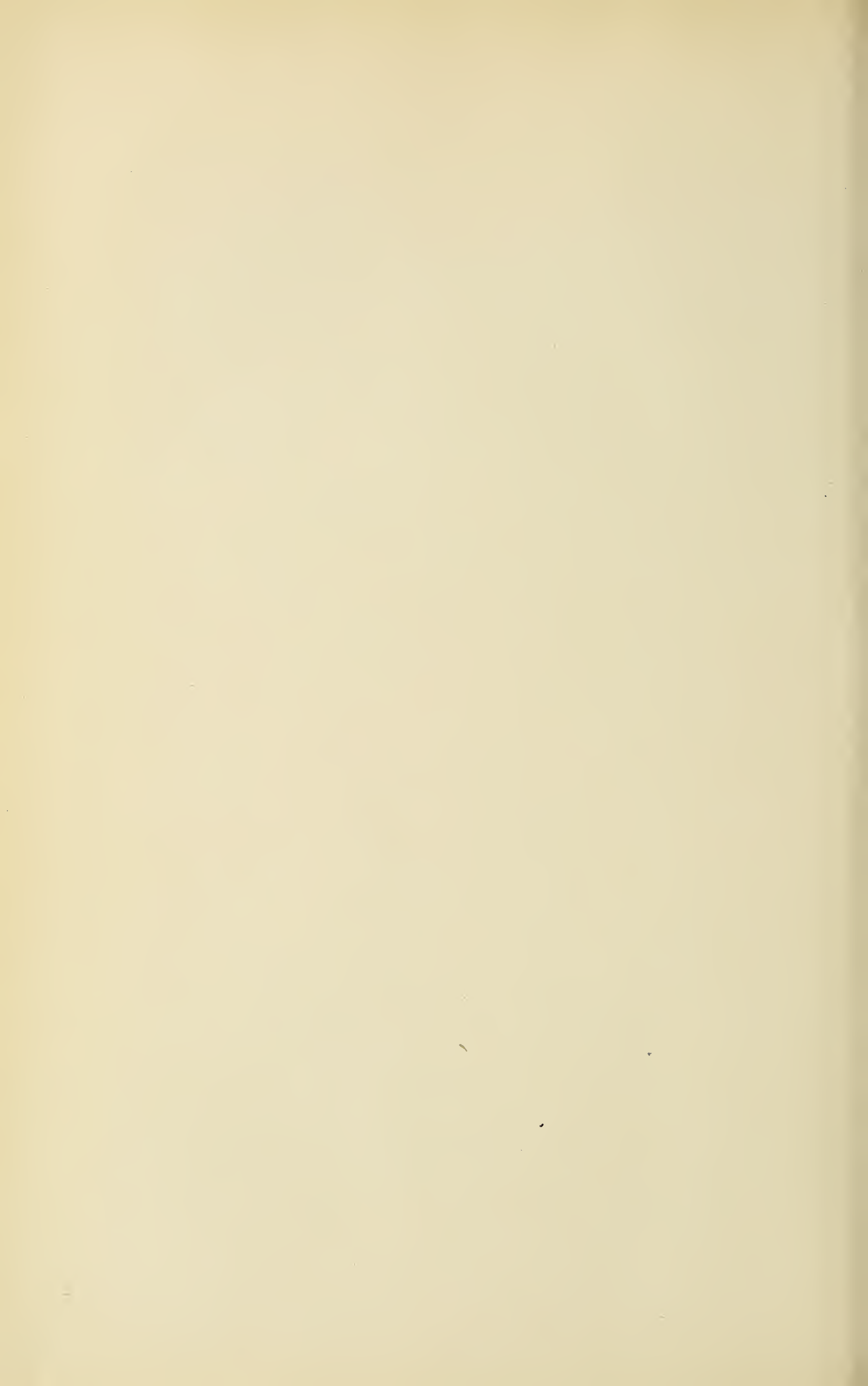
m = 1000 η	t	$\varkappa$	Λ	i	$S_{t/4}$	$S_{t/t}$	Δ_s bestimmt	Δ_s berechnet	bestimmt — berechnet
	0	0.03378	67.9	0.818	1.0425_5	1.0426_9	8.56	8.54	+ 0.02
	18	0.05130	103.1	0.783	1.0402_6	1.0417_2	8.36	8.36	±
0.498	48	0.08365	168.1	0.746	1.0300_3	1.0415_4	8.32	8.30	+ 0.02
	0	0.06671	66.7	0.804	1.0845_3	1.0846_7	8.47	8.48	— 0.01
	18	0.09902	99.0	0.752	1.0814_0	1.0829_1	8.29	8.29	±
0.999	48	0.1582	158.2	0.702	1.0700_1	1.0819_6	8.20	8.22	— 0.02
	78	0.2202	220.2	0.657	1.0535_6	1.0827_5	8.28	8.28	±
	100	0.2659	265.9	0.641	1.0393_3	1.0844_7	8.45	8.45	±
	0	0.1321	66.05	0.796	1.1686_0	1.1687_5	8.42	8.44	— 0.02
	18	0.1911	95.5	0.726	1.1629_4	1.1645_7	8.22	8.23	— 0.01
2.000	48	0.2947	147.4	0.654	1.1497_7	1.1626_1	8.12	8.14	— 0.02
	78	0.4023	201.2	0.600	1.1323_8	1.1637_5	8.18	8.18	±
	100	0.4797	239.9	0.578	1.1181_4	1.1667_0	8.33	8.34	— 0.01
	0	0.2515	61.9	0.747	1.3333_9	1.3335_6	8.24	8.23	+ 0.01
	18	0.3467	85.4	0.649	1.3245_4	1.3264_9	8.06	8.06	±
4.062	48	0.5103	125.6	0.557	1.3084_2	1.3230_4	7.98	7.96	+ 0.02
	78	0.6724	165.5	0.494	1.2883_6	1.3240_6	8.00	8.00	±
	100	0.7735	190.5	0.459	1.2739_0	1.3292_3	8.13	8.13	±

b.

t	$\Delta_s = B_s + (A_s - B_s)\, i$
0	$\Delta_s = 4.91 + 4.44\, i$
18	$\Delta_s = 6.58 + 2.28\, i$
48	$\Delta_s = 6.96 + 1.80\, i$
78	$\Delta_s = 7.15 + 1.72\, i$
100	$\Delta_s = 7.33 + 1.74\, i$

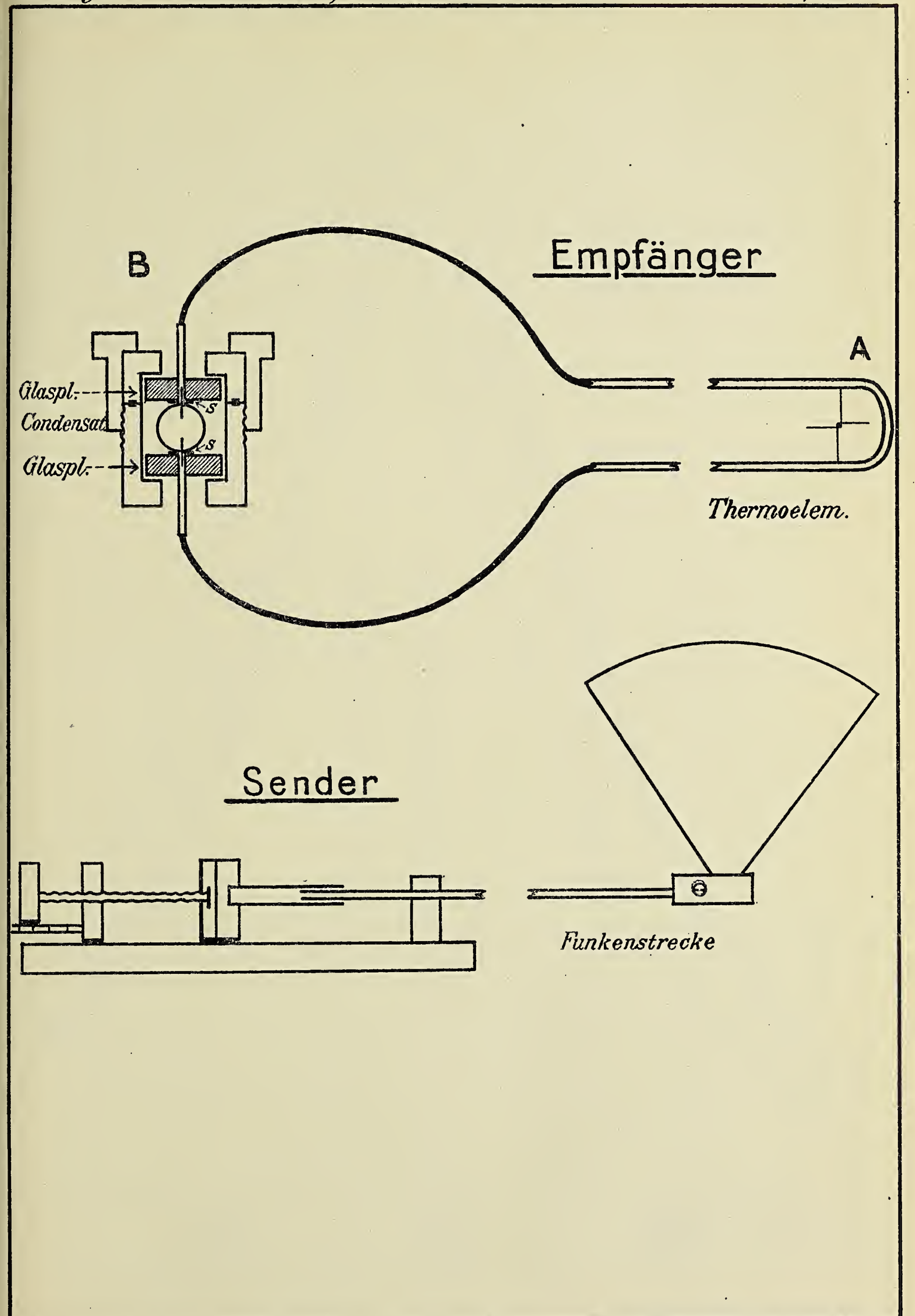



1.
5.
11.
9.
12.
8.
6.
7.
2.
4.
10.
3.









Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock i/M.



Galvanometer Anschlag

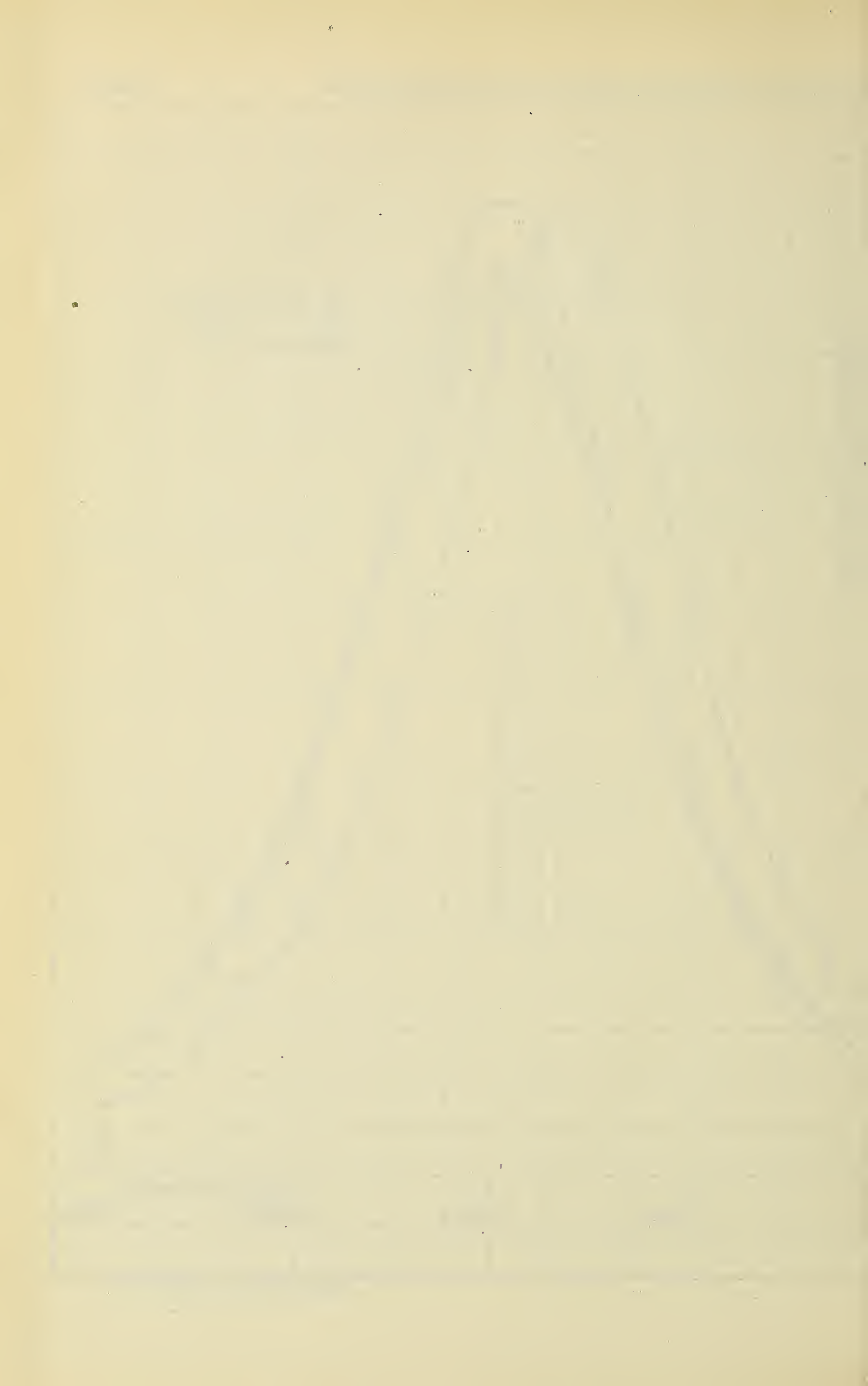
22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3

I. ⊕ ⊕ ⊕ 4 Atm.
II. + + + 200 „
III. ✕ ✕ ✕ 7 „

Länge des Senders

122 cm 121 cm 120 cm 119 cm

Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock i/M.



Einstellung des Empfängers

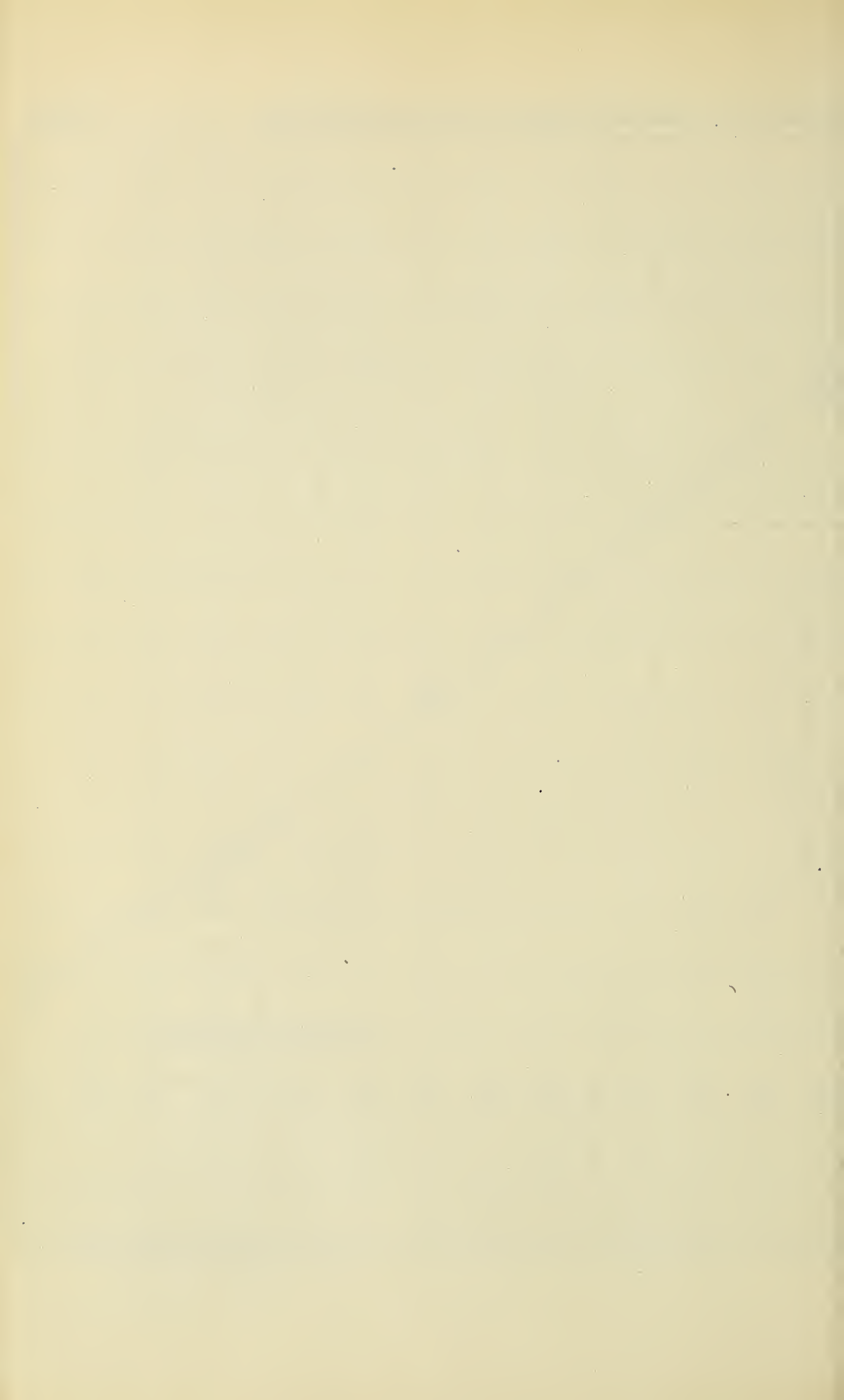
73
72
71
70
69
68
67
66

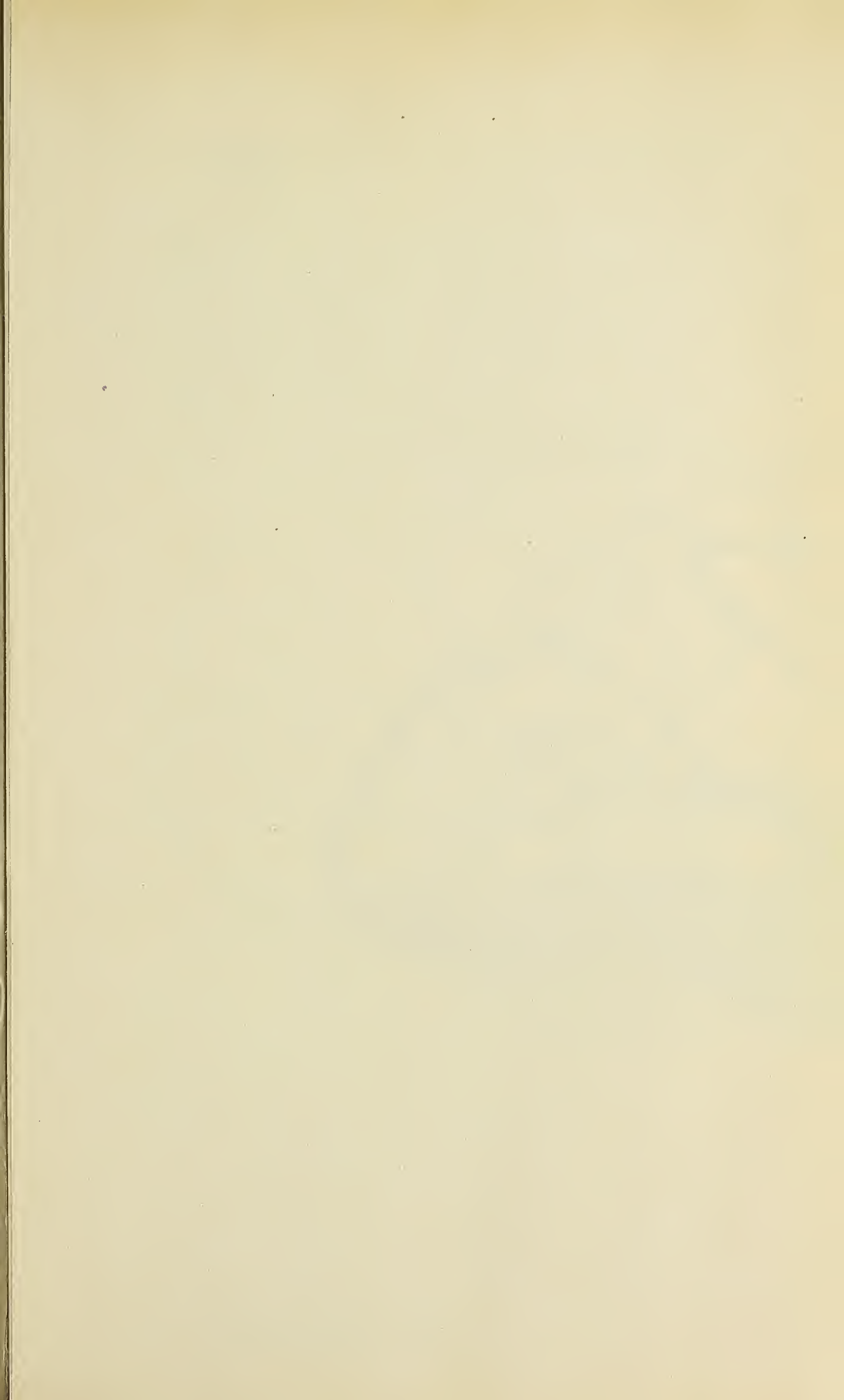
6
7
8
4
5
3
1
2

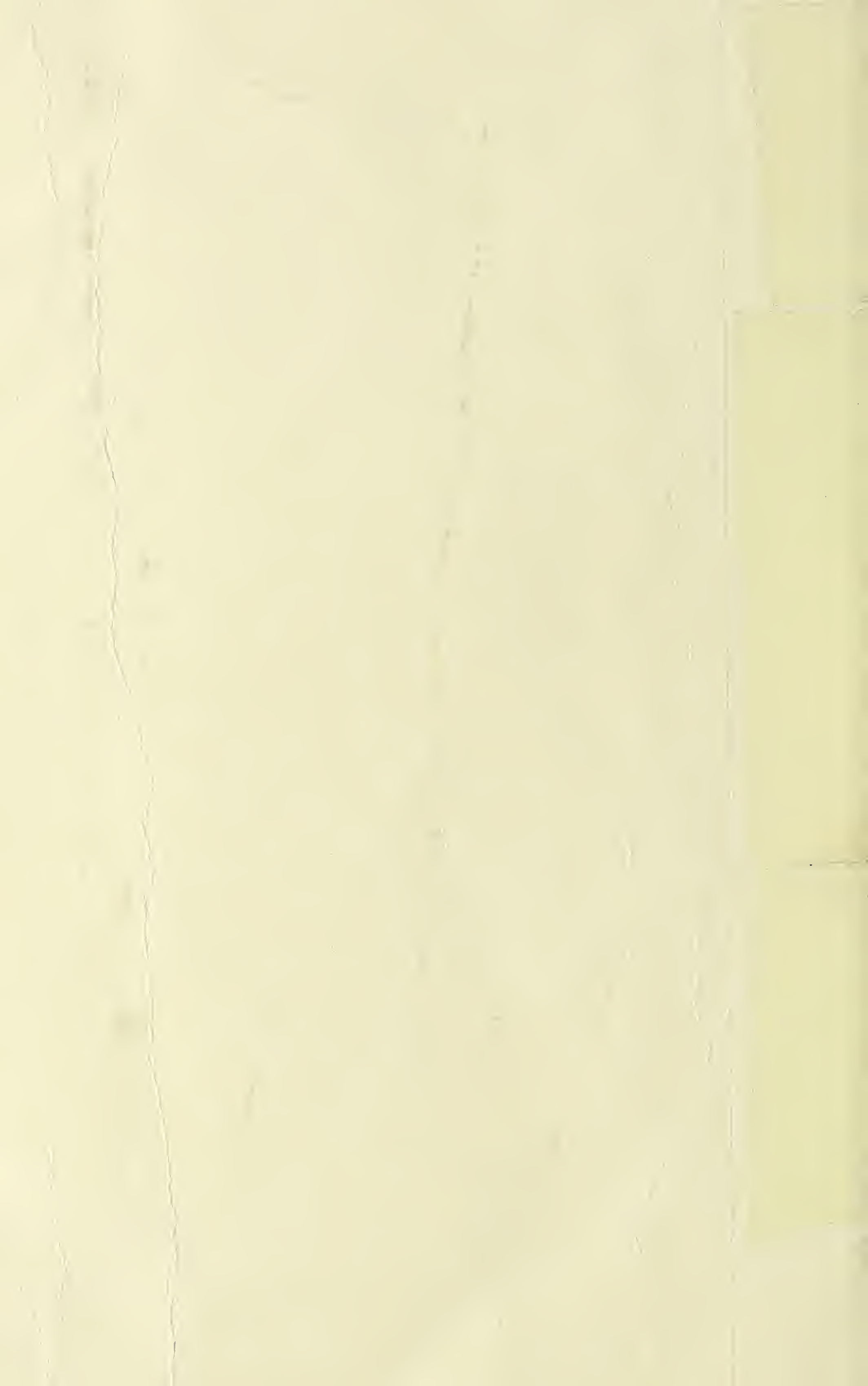
Dielektr. Constante

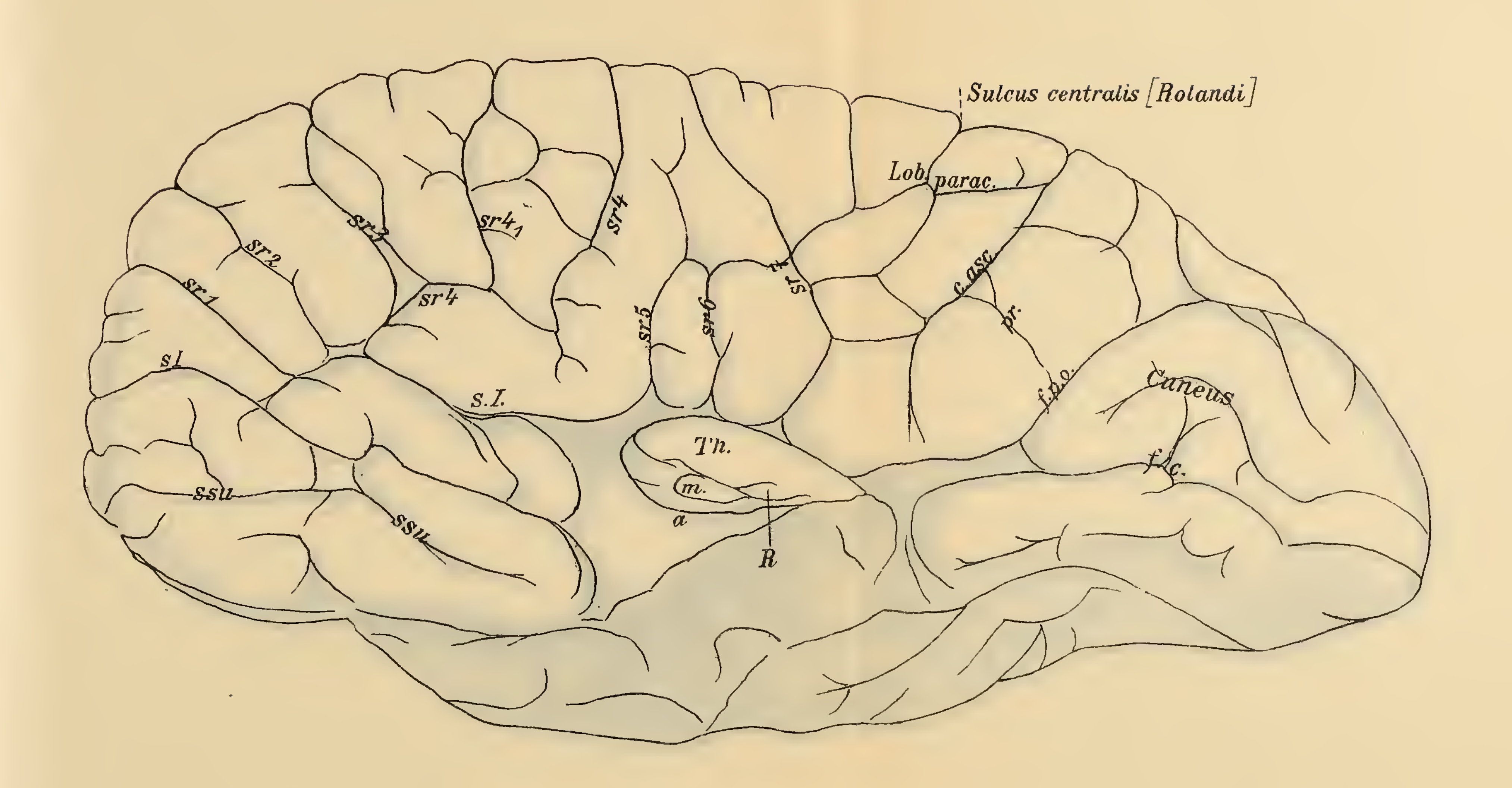
68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82

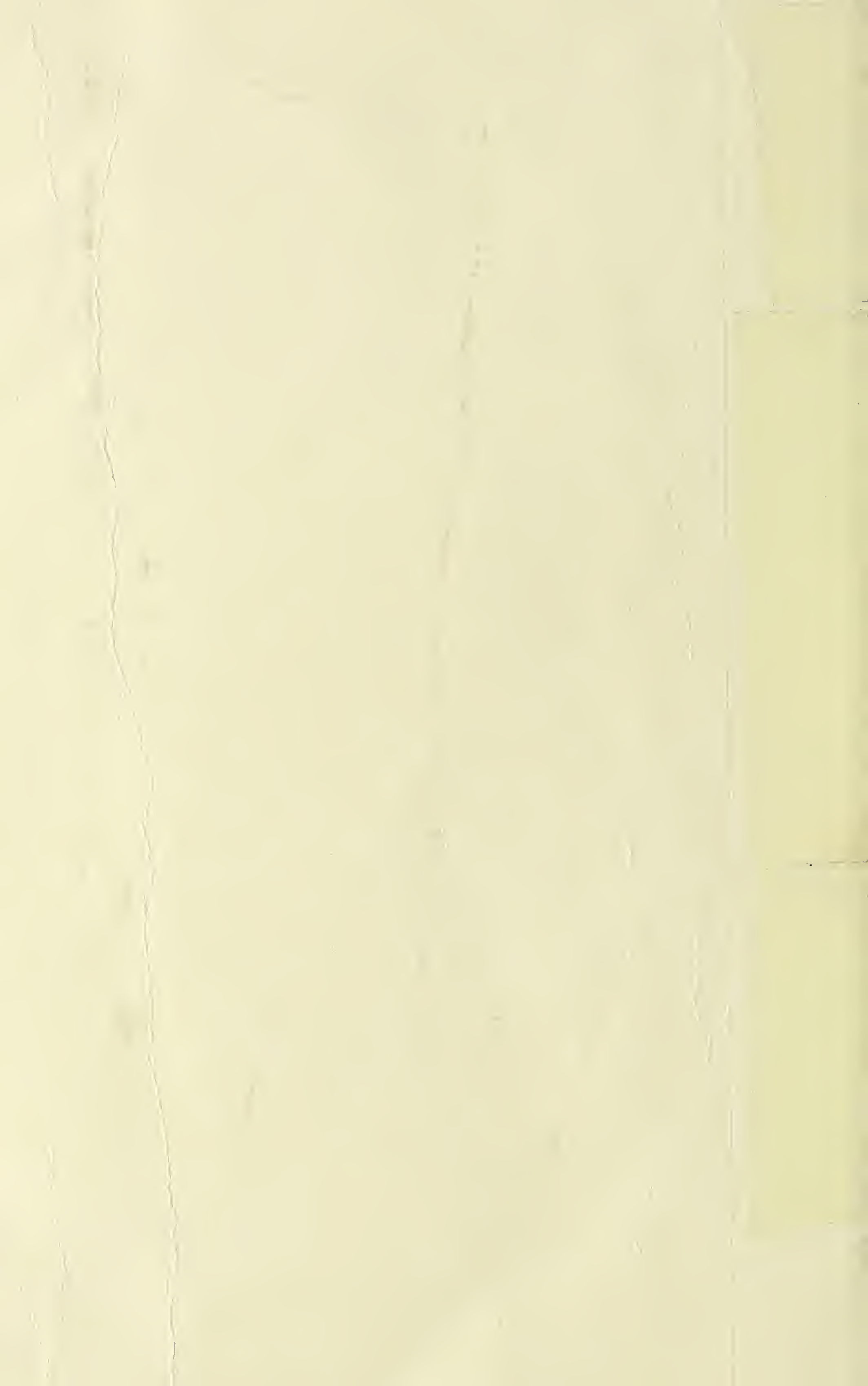
Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock i/M.

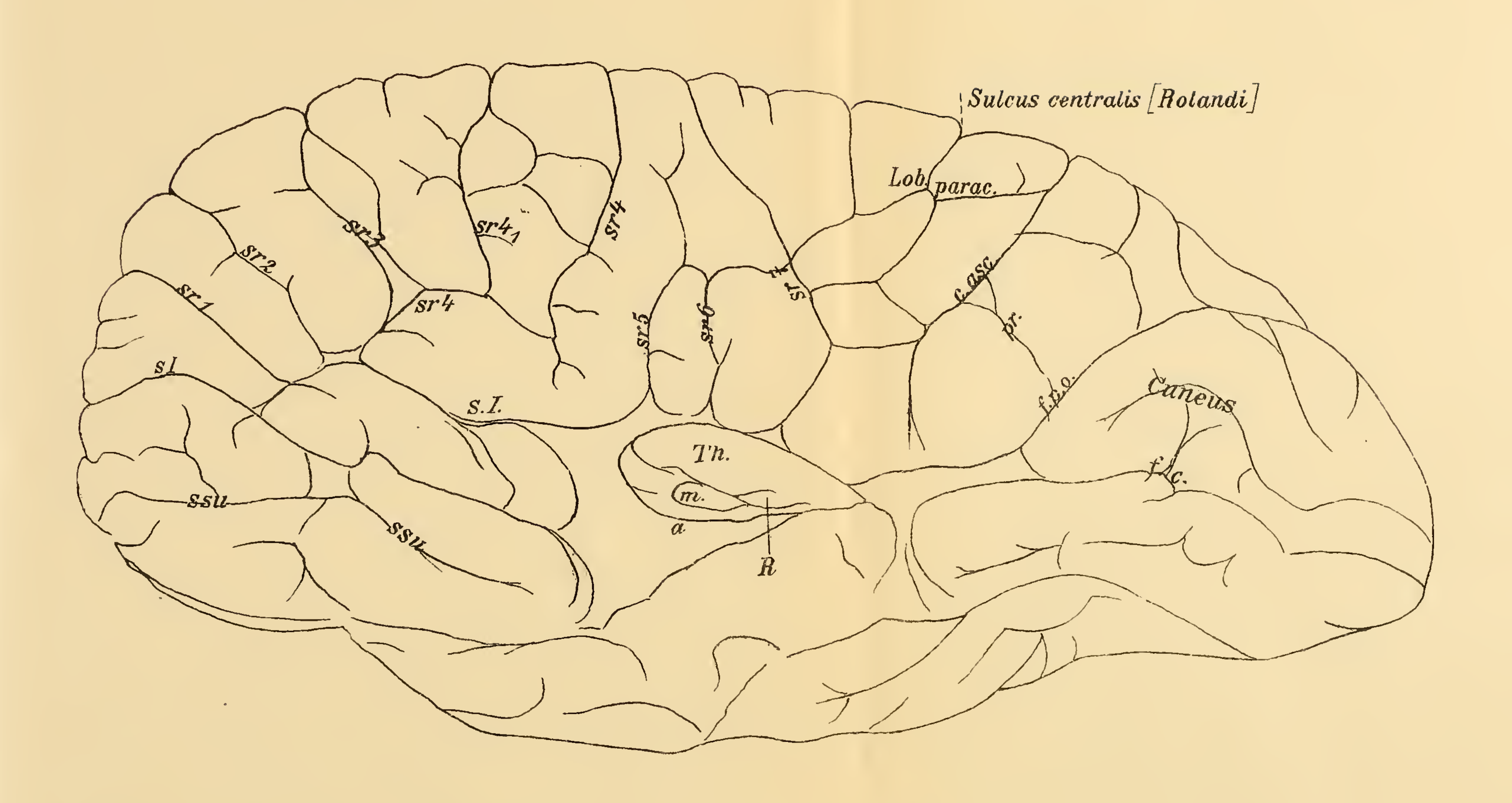


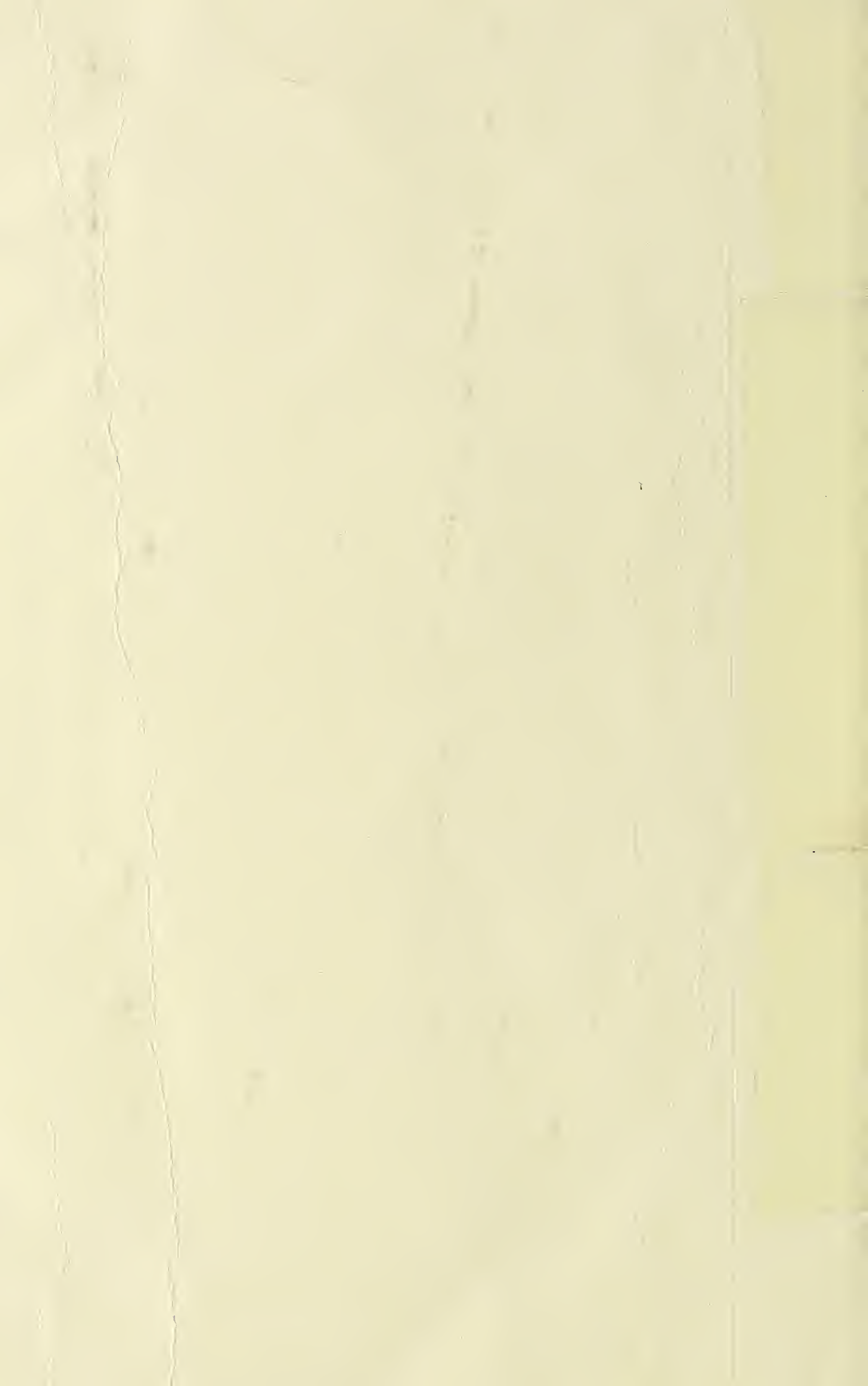


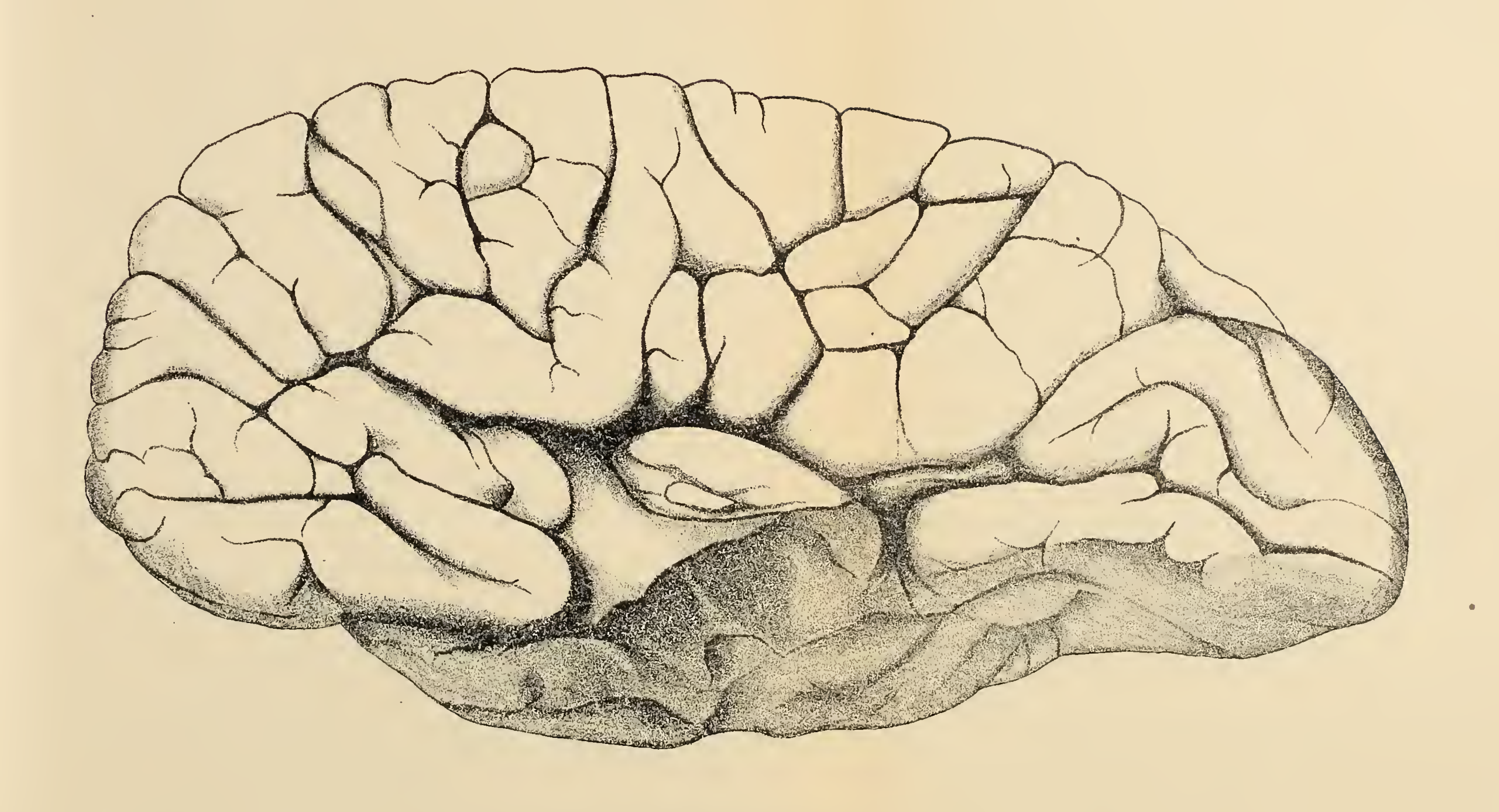



Sulcus centralis [Rolandi]
Lob. parac.
sr 3
sr 2
sr 1
sr 4₁
sr 4
sr 4
s I
s. I.
sr 5
sr 6
sr 7
c. asc.
pr.
f. p. o.
Cuneus
f. c.
Th.
m.
a
R
ssu
ssu



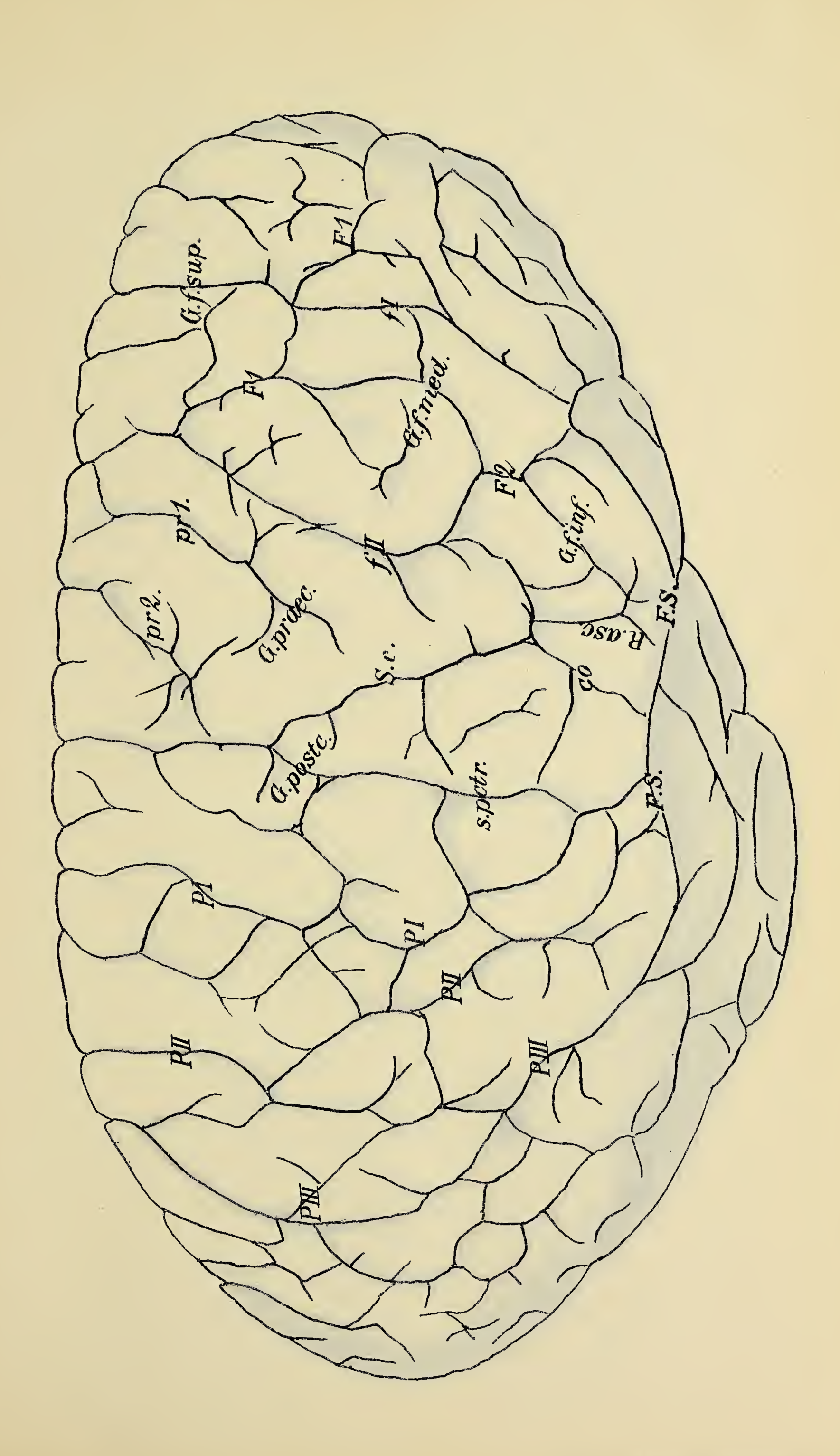

Sulcus centralis [Rolandi]
Lob. parac.
sr3
sr4₁
sr4
sr2
sr1
sr4
sl
s.I.
sr5
sr6
sr7
c.asc.
pr.
f.p.o.
Cuneus
f.c.
Th.
m.
a.
R
ssu
ssu



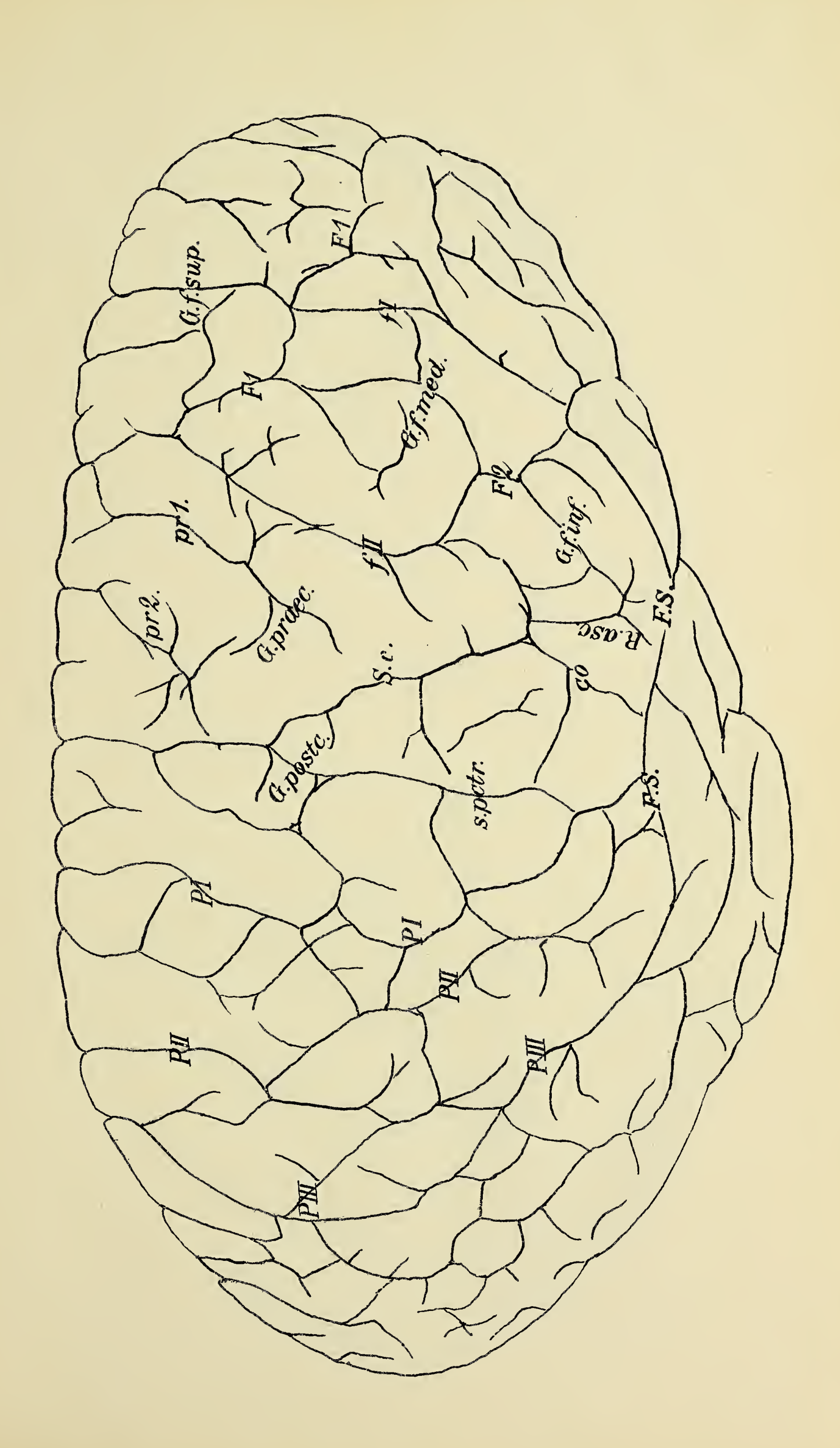


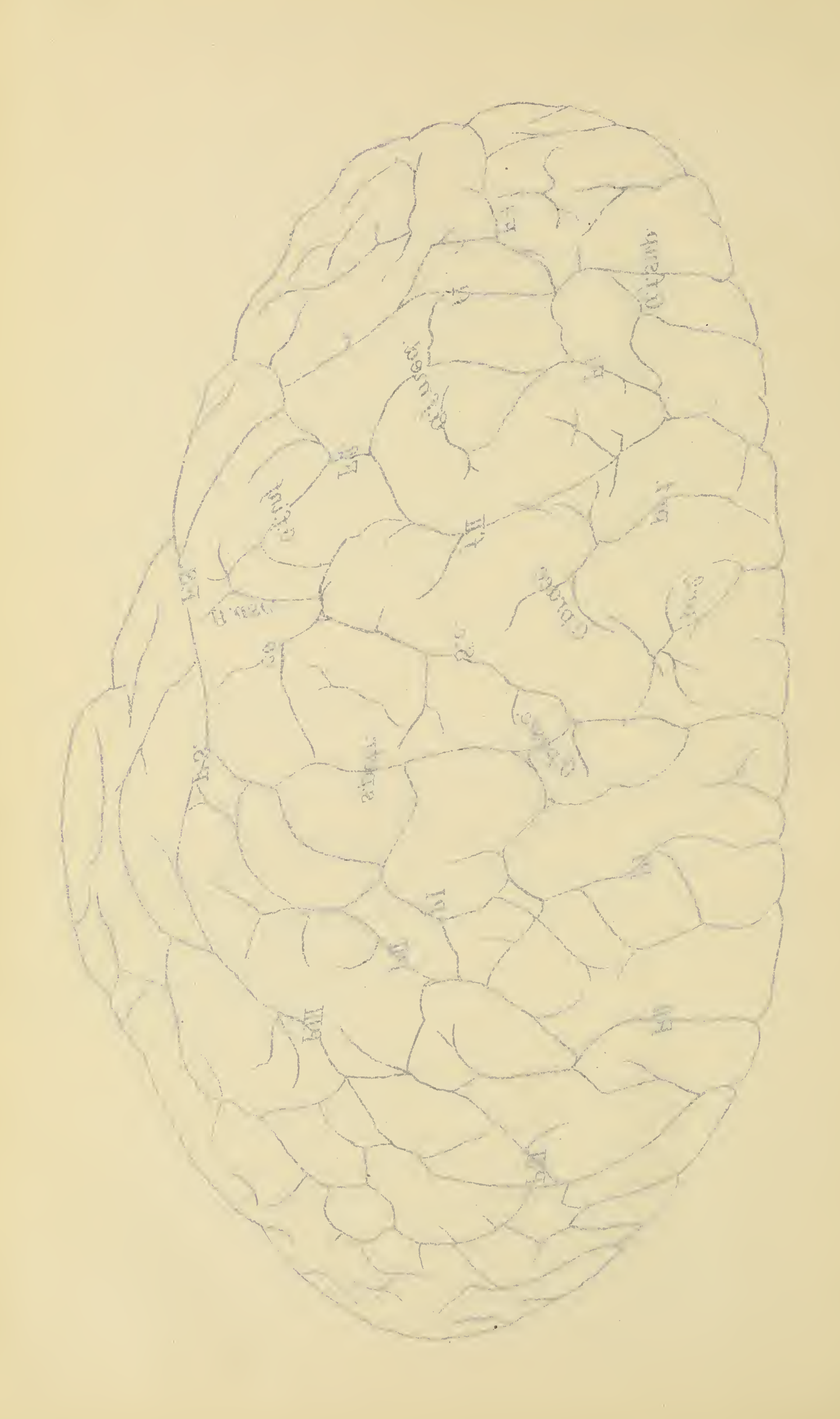
Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock.

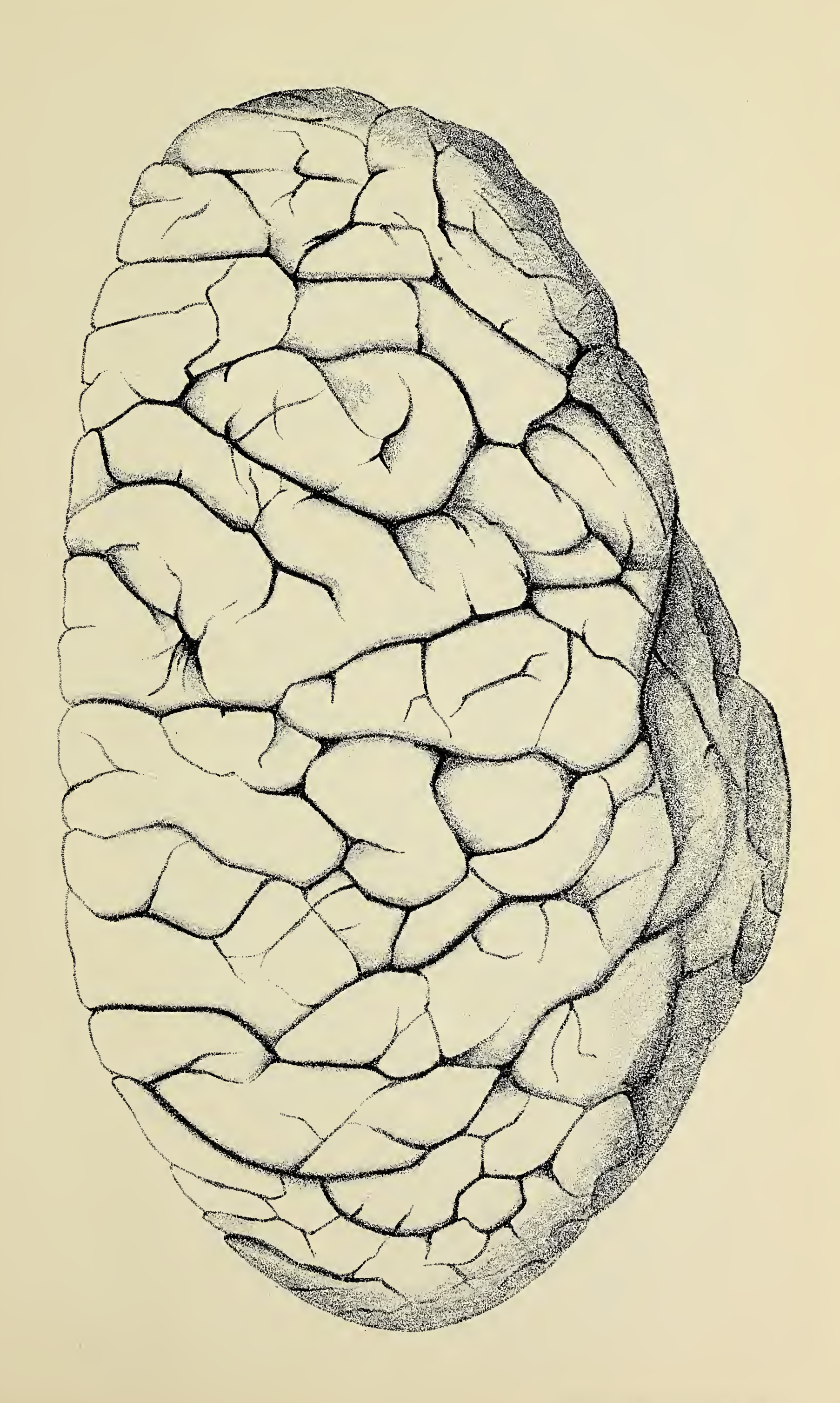



G.f.sup.
F1
f1
G.f.med.
F1
F2
G.f.inf.
pr1.
pr2.
G.praec.
fII
S.c.
F.S.
R.asc.
co
G.postc.
s.pctr.
F.S.
PI
PI
PII
PII
PIII
PIII



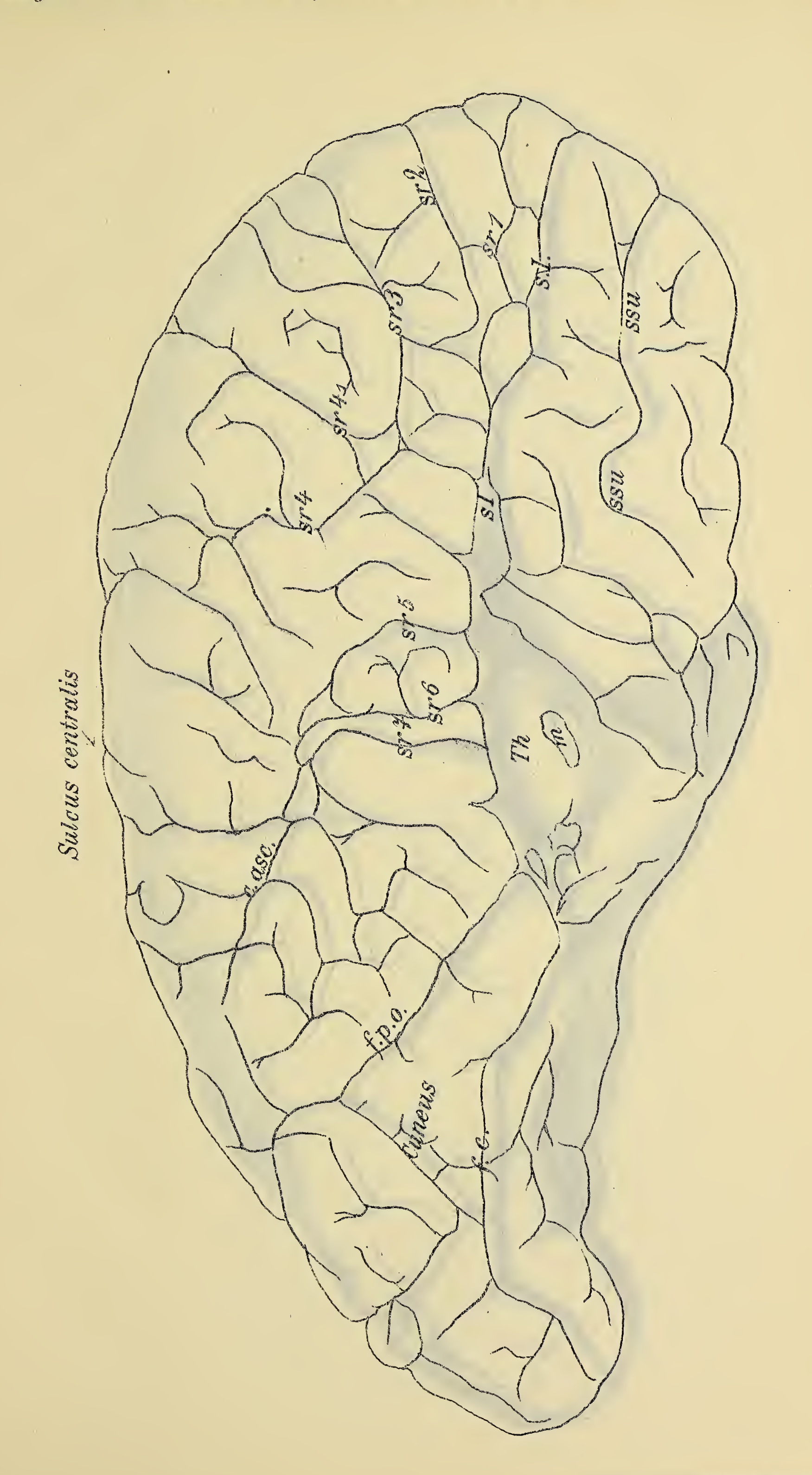

G.f.sup.
F1
f1
F1
G.f.med.
F2
G.f.inf.
pr1.
fII
pr2.
G.praec.
S.c.
R.asc.
F.S.
co
G.postc.
s.pctr.
F.S.
PI
PI
PII
PII
PIII
PIII





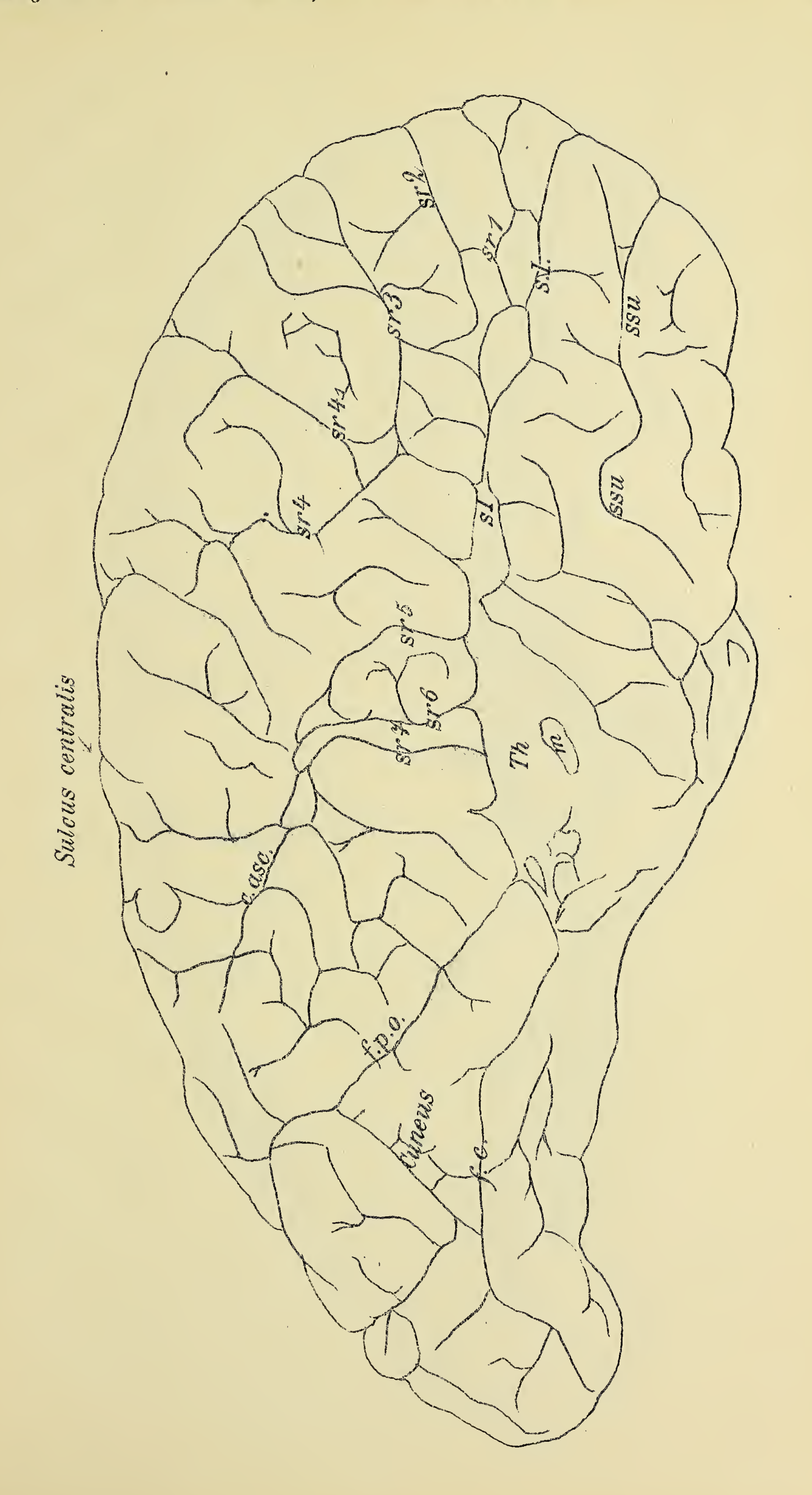
Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock.

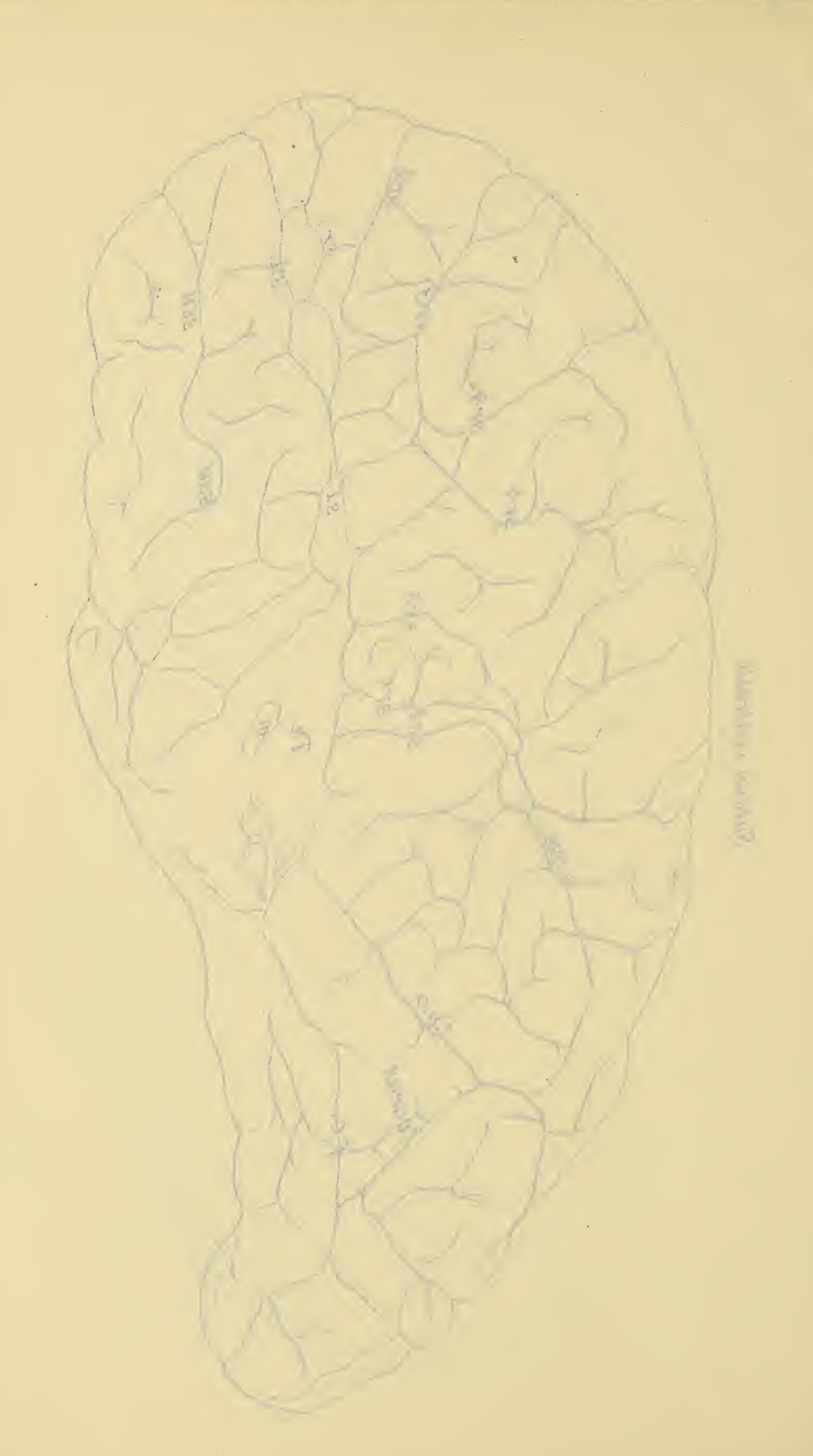


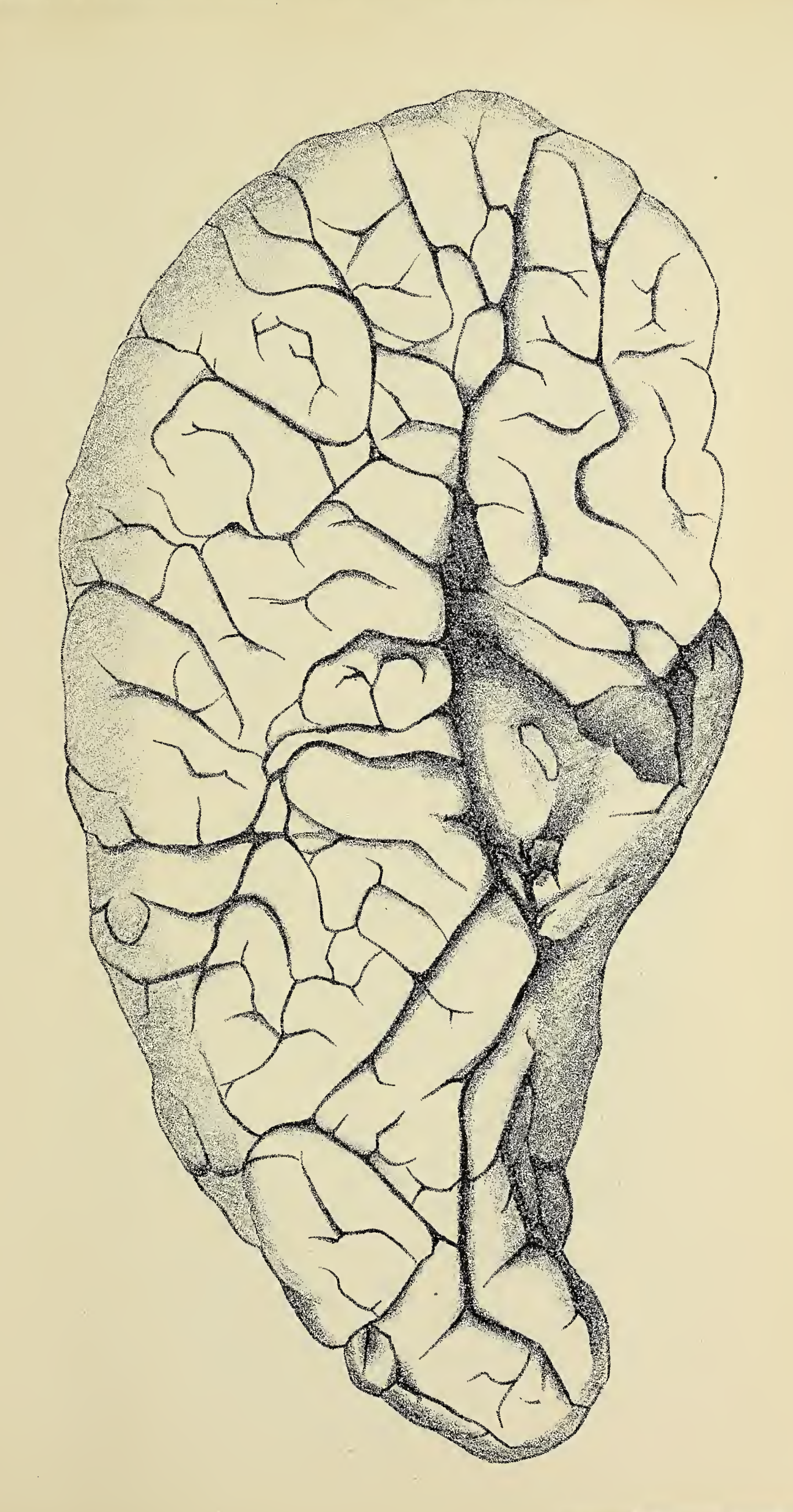


Sulcus centralis
sr 2
sr 1
s.I.
ssu
sr 3
sr 4s
sr 4
sI
ssu
sr 5
sr 6
sr 7
Th
m
c.asc.
f.p.o.
cuneus
f.c.



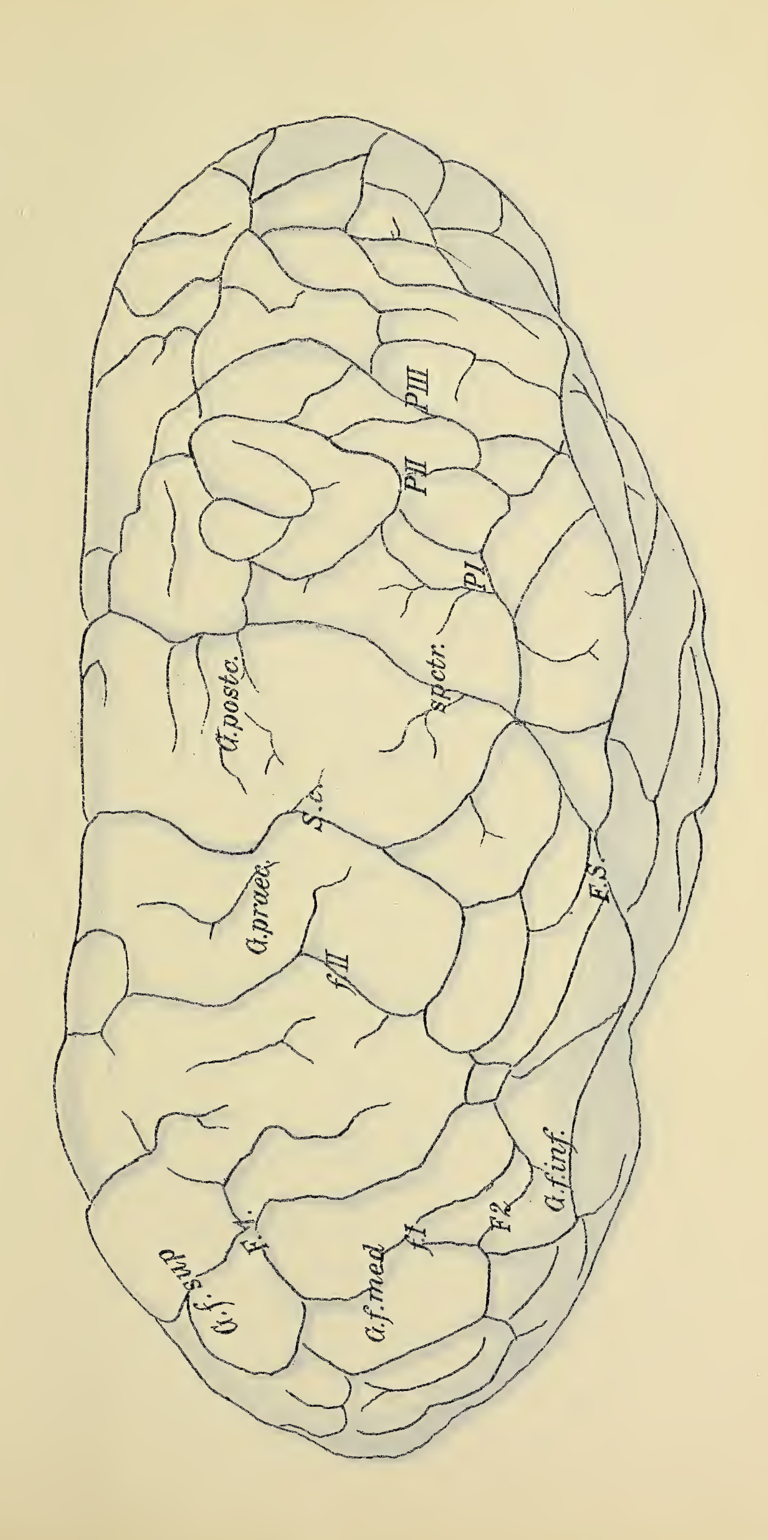

sr 2
sr 1
s.l.
ssu
sr 3
sr 4₁
sr 4
s.l.
ssu
sr 5
sr 6
sr 4
Th
m
Sulcus centralis
c.asc.
f.p.o.
Cuneus
f.c.



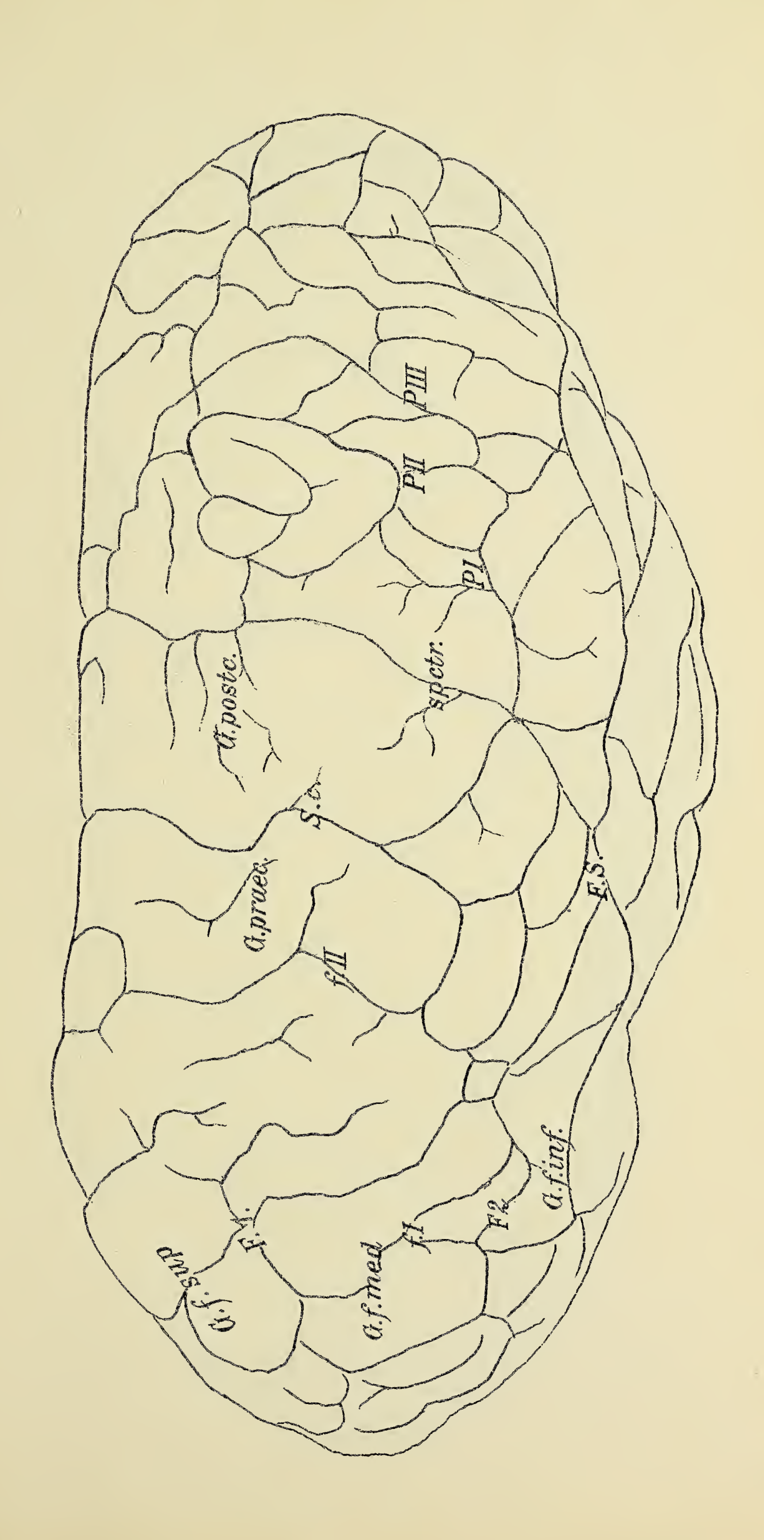


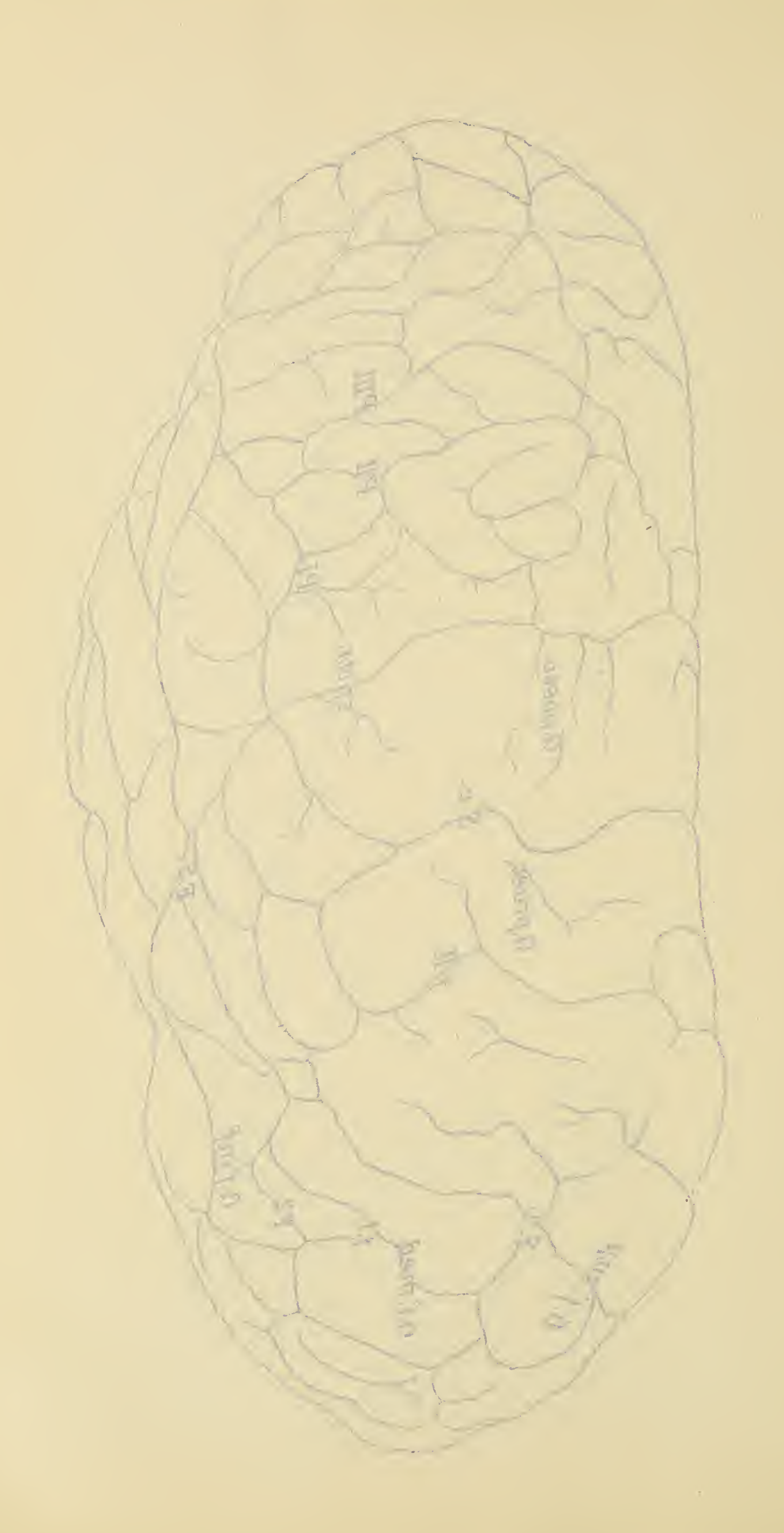
Hofsteindr. J.G. Tiedemann Nachf. Rostock.

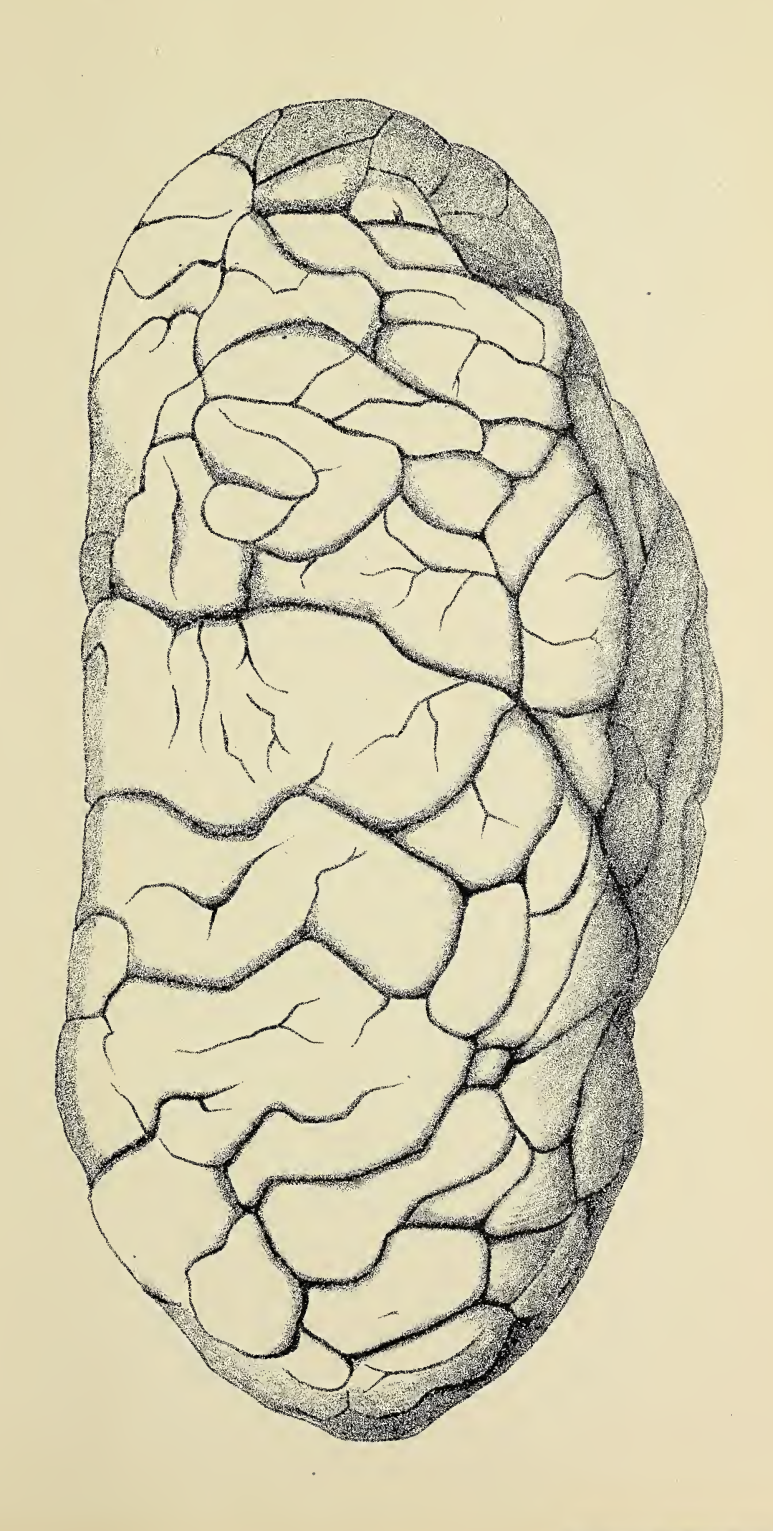



PIII
PII
PI
spctr.
G. postc.
S. c.
G. praec.
f II
F. S.
G. f. inf.
F2
f1
G. f. med.
F. 1.
G. f. sup.



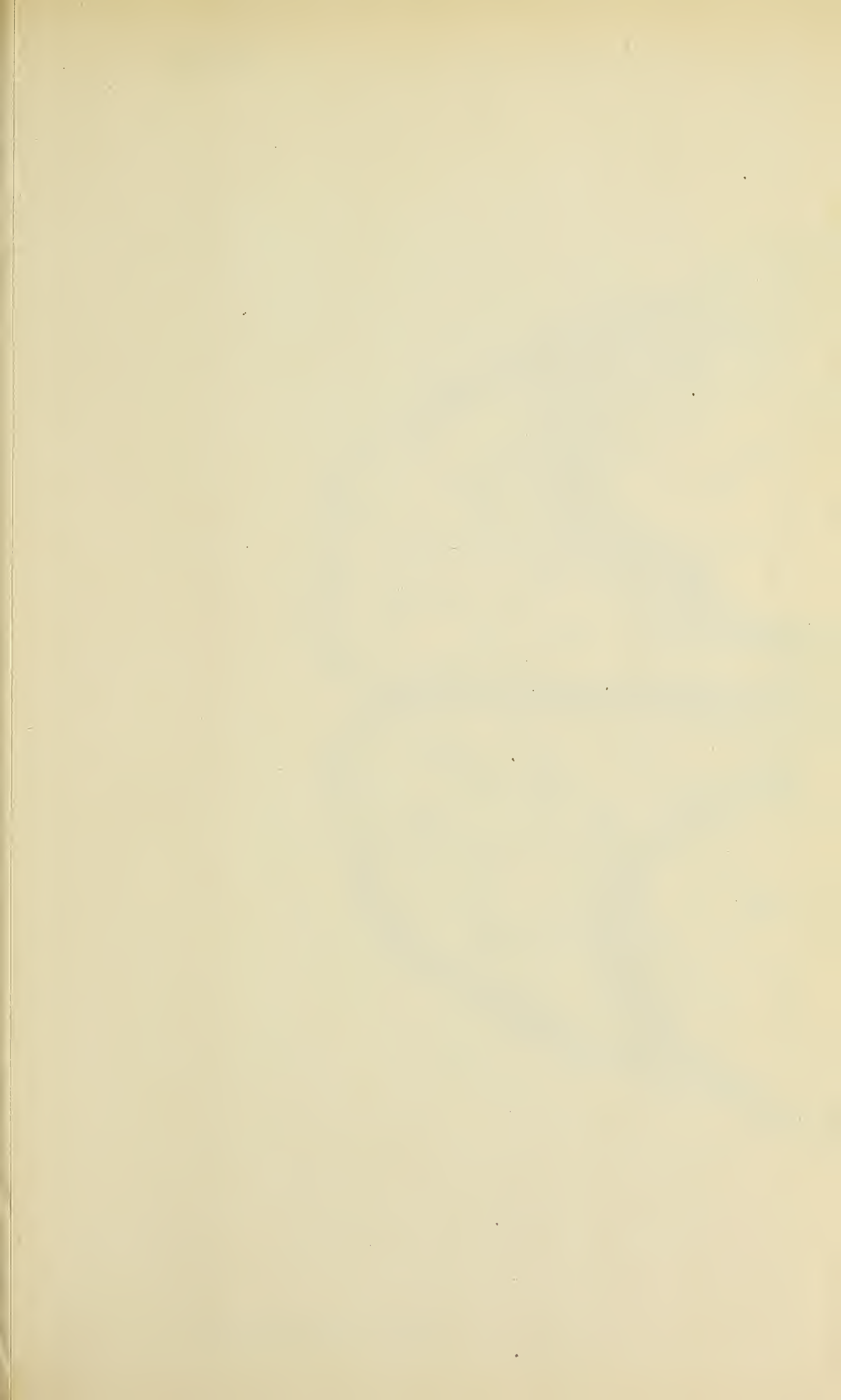

PIII
PII
PI
a.postc.
spctr.
S.c.
a.praec.
fII
F.S.
a.f.inf.
F2
f1
a.f.med
F1
a.f.sup

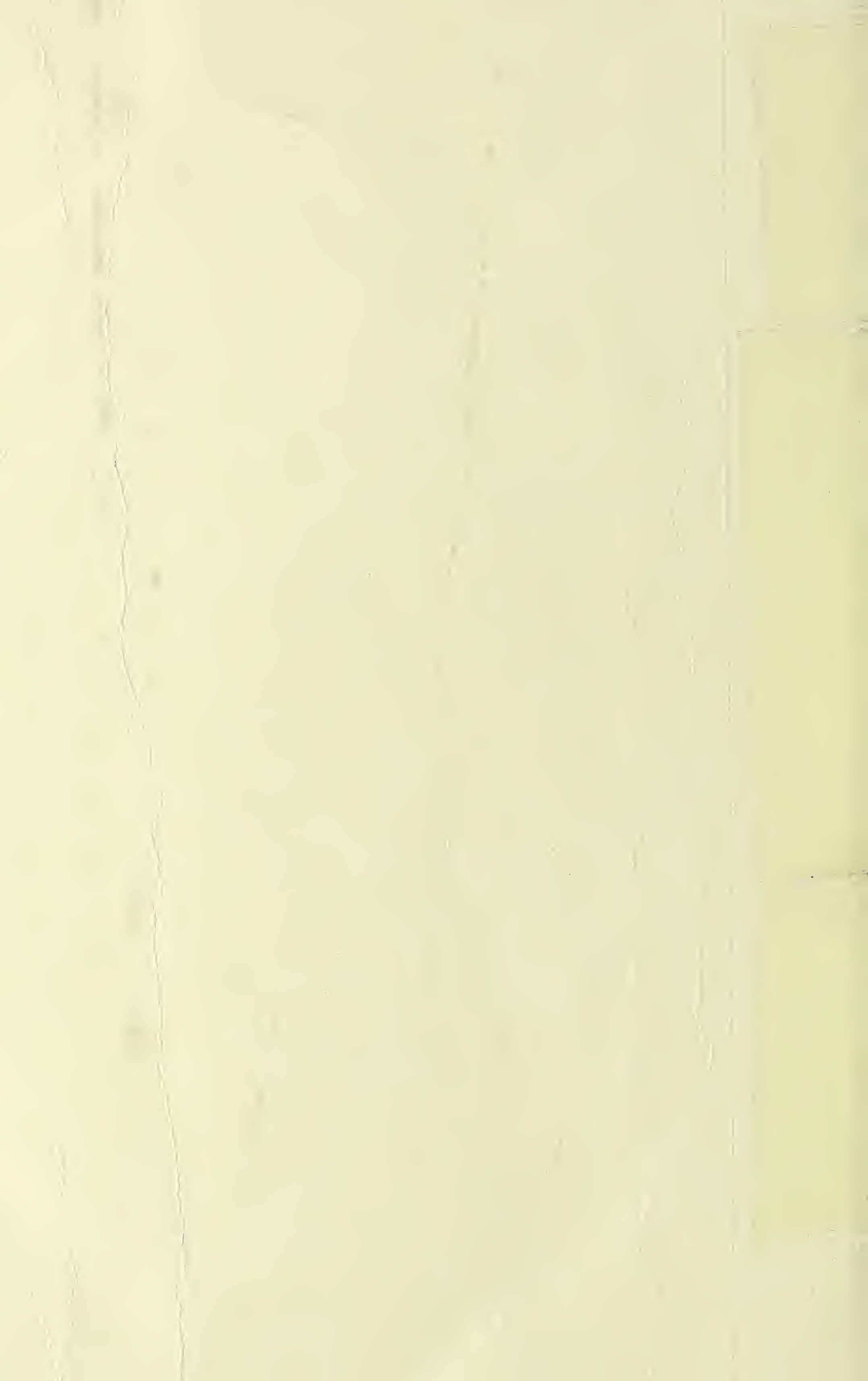




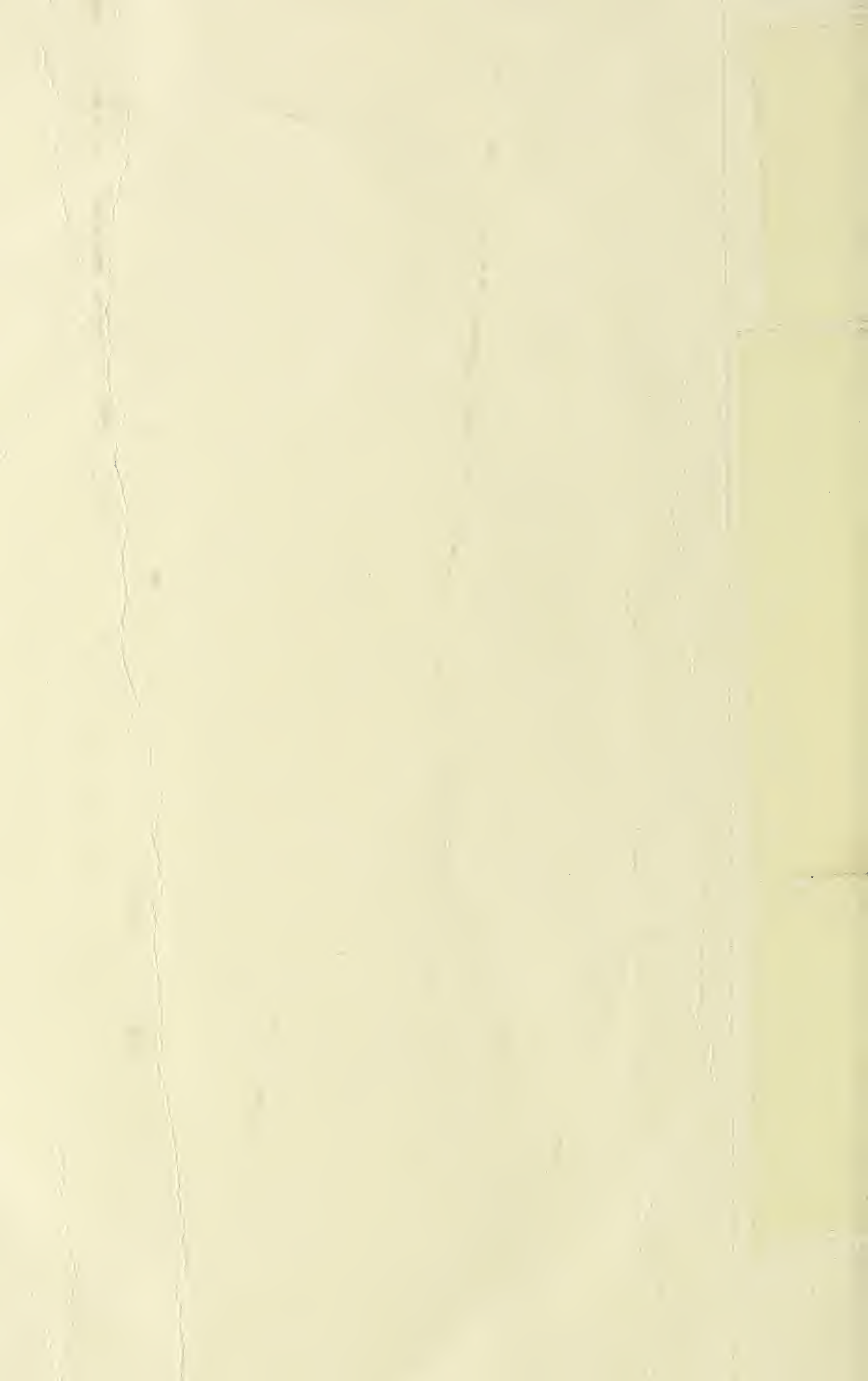
Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock.



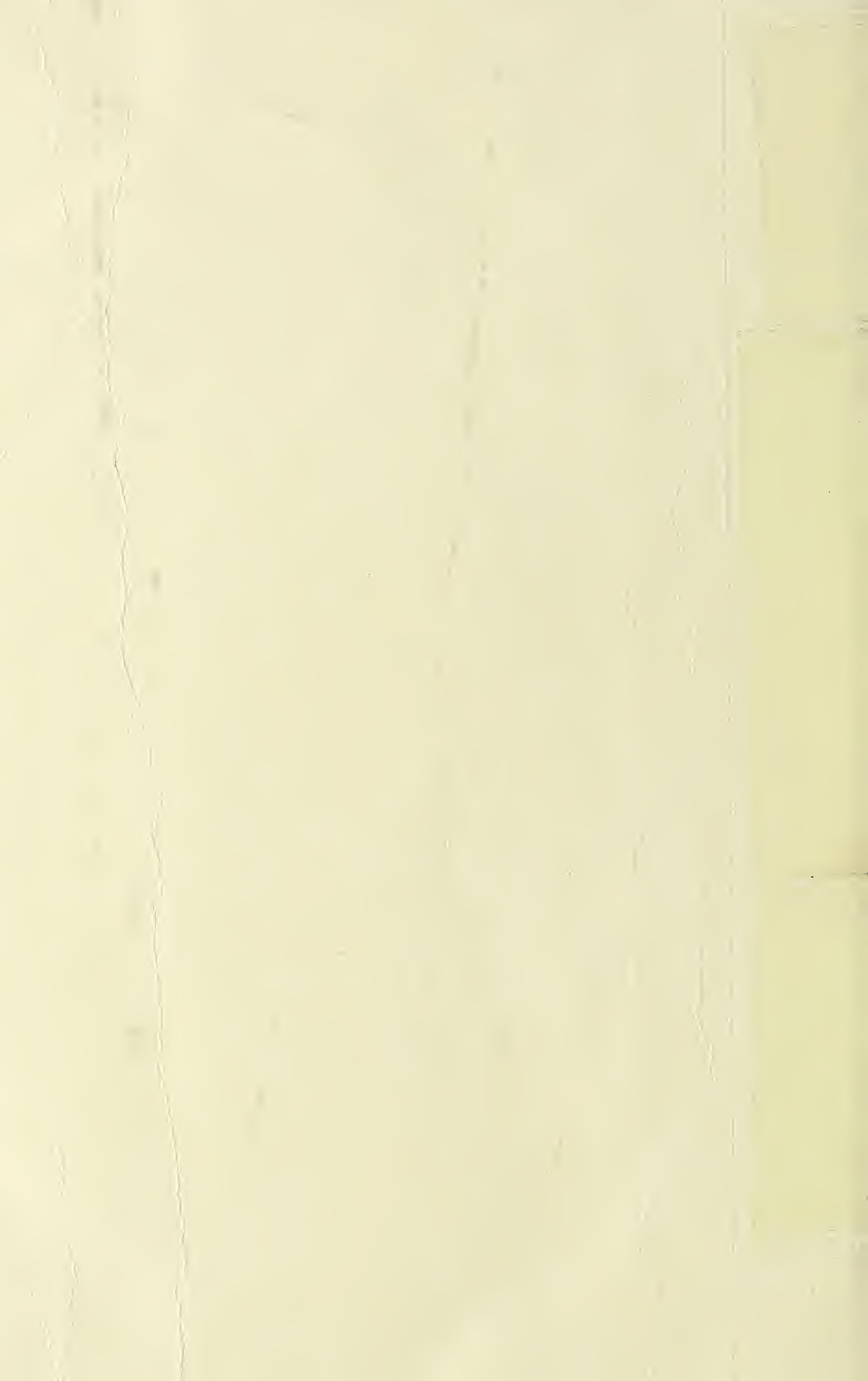





col.
hi
li
s.o.
A
b.
s.olf
A
b.
s.olf
li
hi
s.o.
col.




col.
hi
li
s.o.
A
b.
s.olf
A
b.
s.olf
li
hi
s.o.
col.

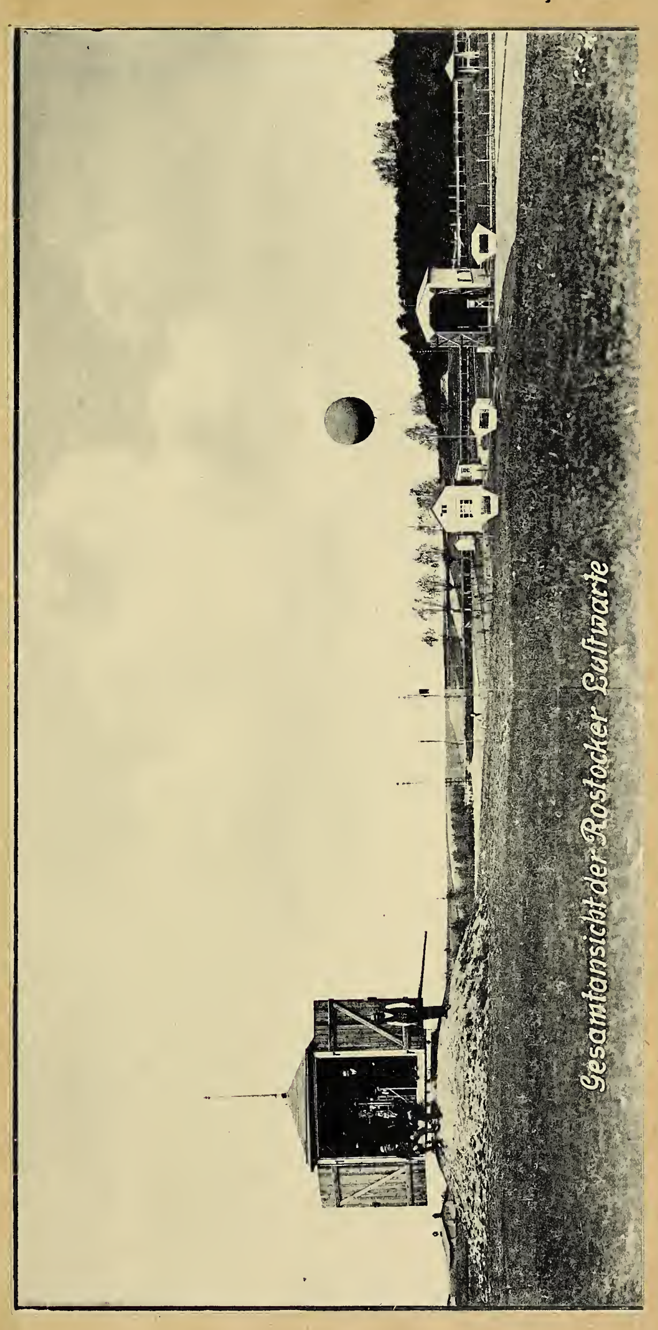




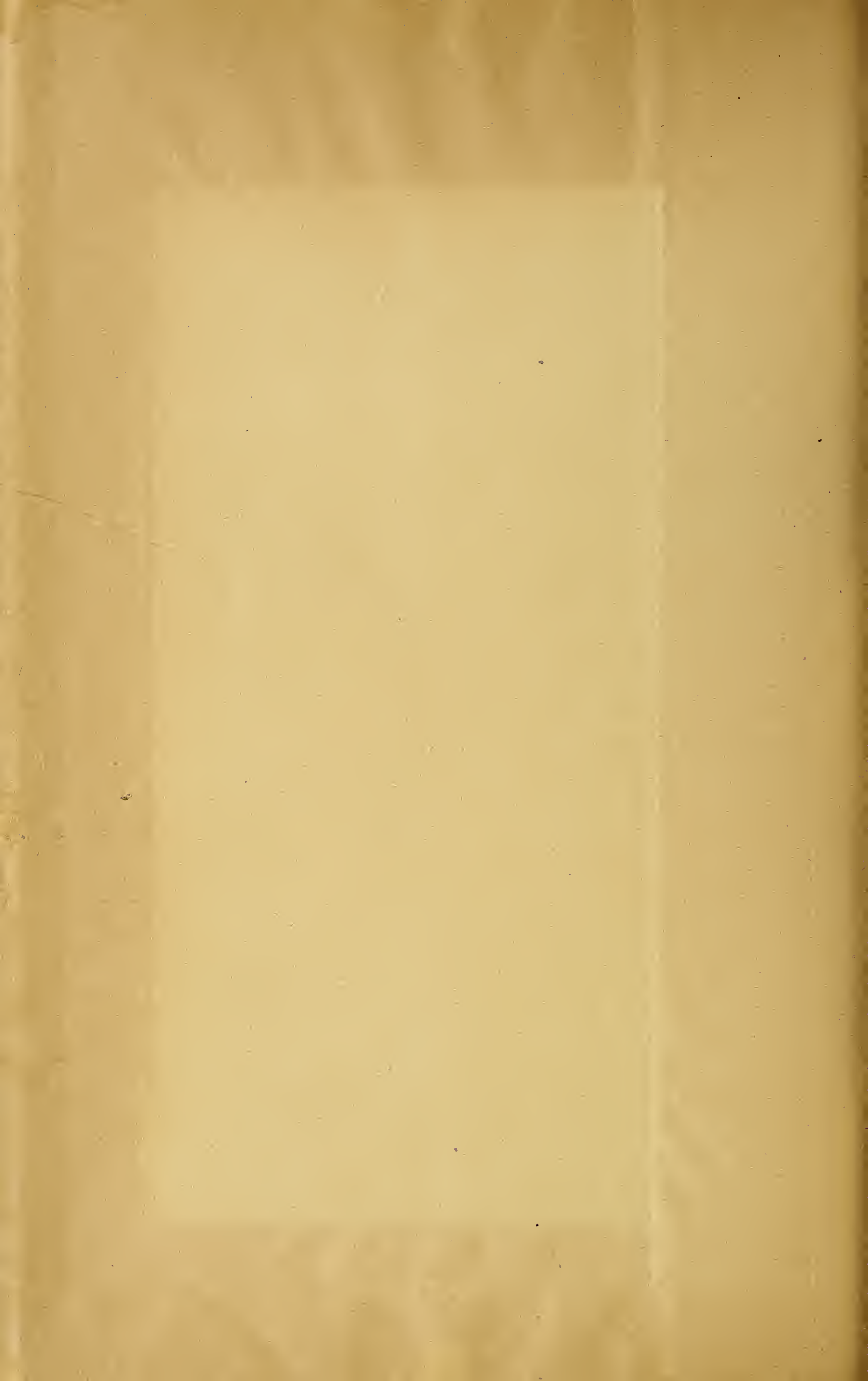
Hofsteindr. J. G. Tiedemann Nachf. Rostock.

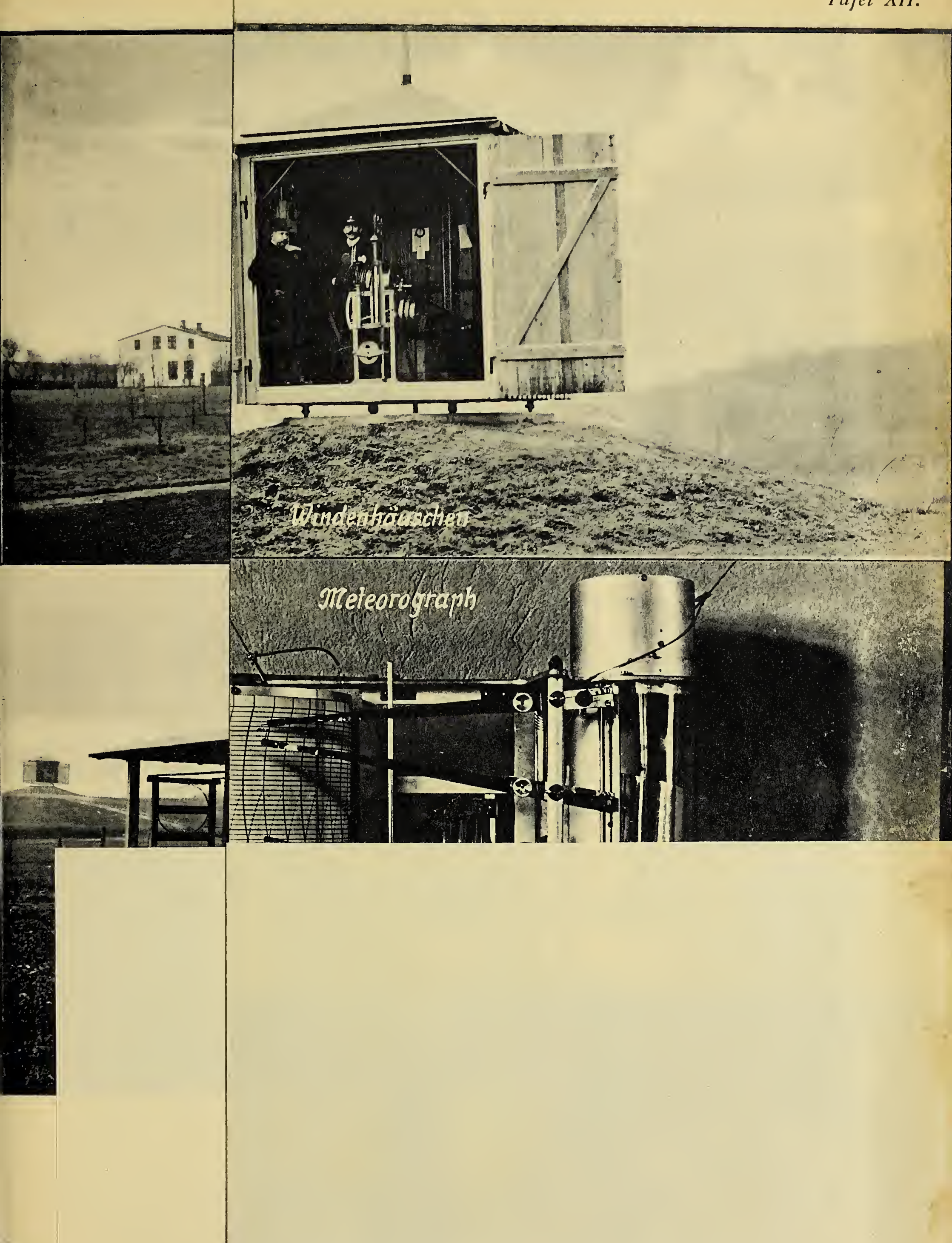


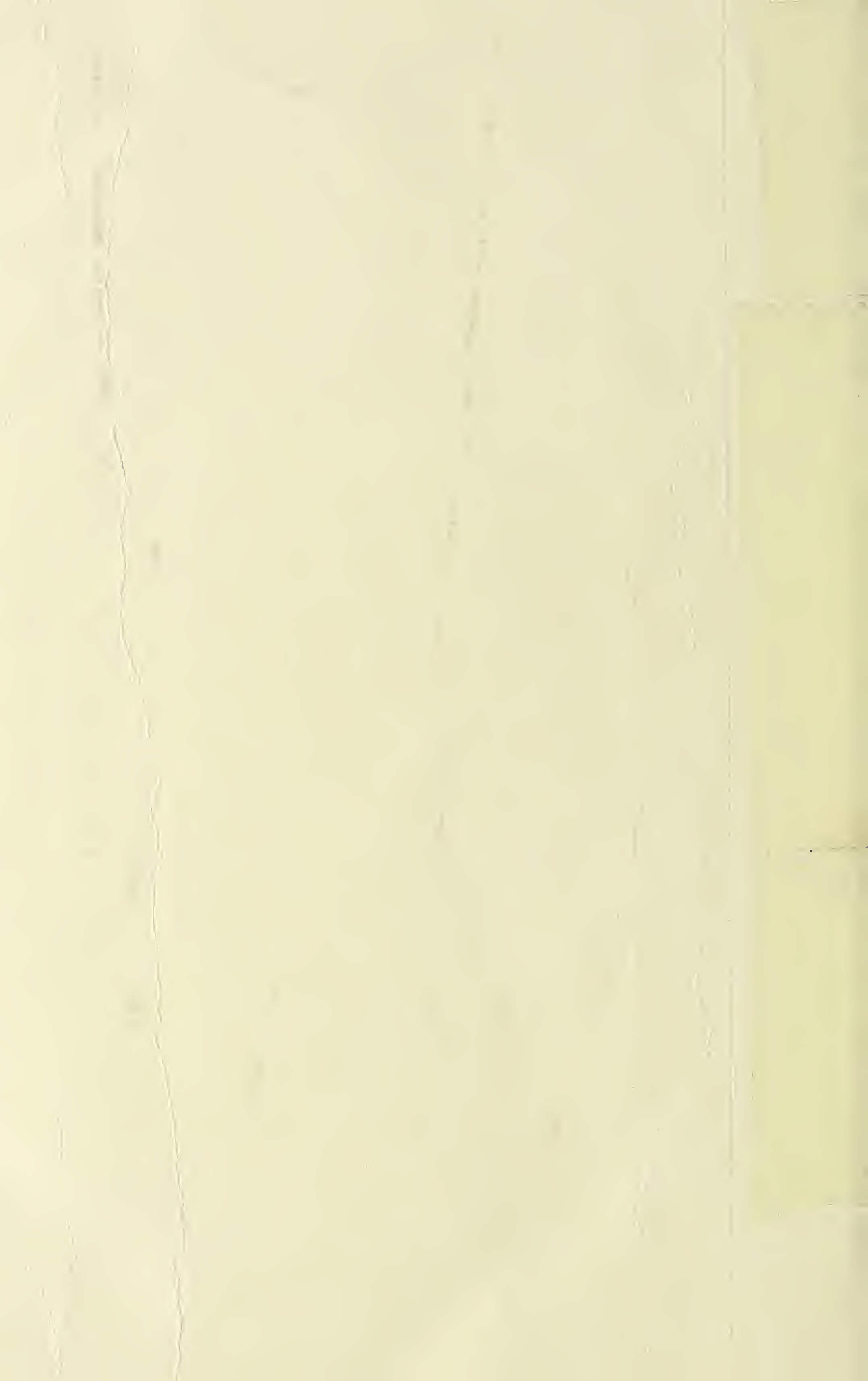
Tafel XI.



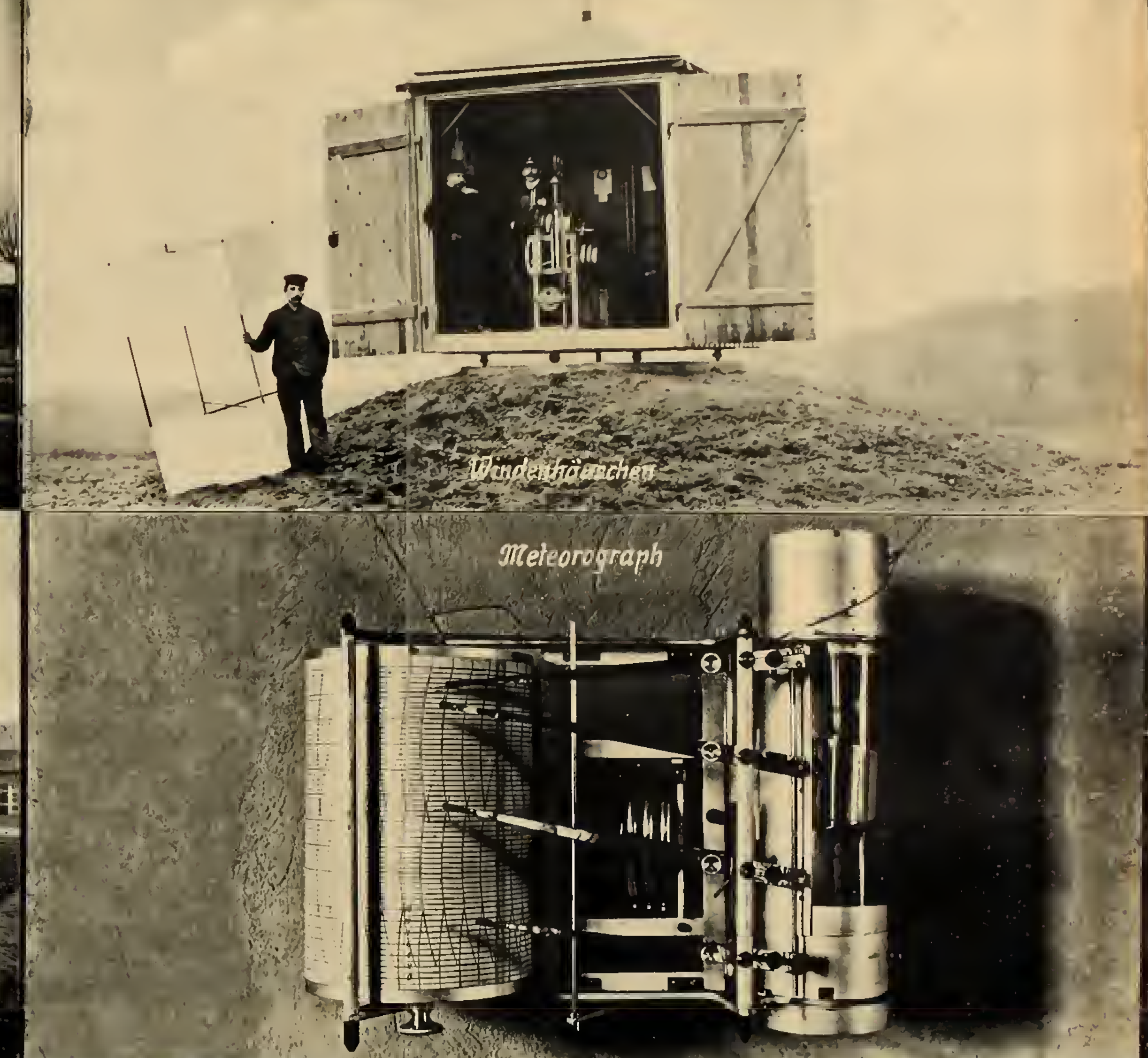
Gesamtansicht der Rostocker Luftwarte




Windenhäuschen
Meteorograph




Stationsgebäude

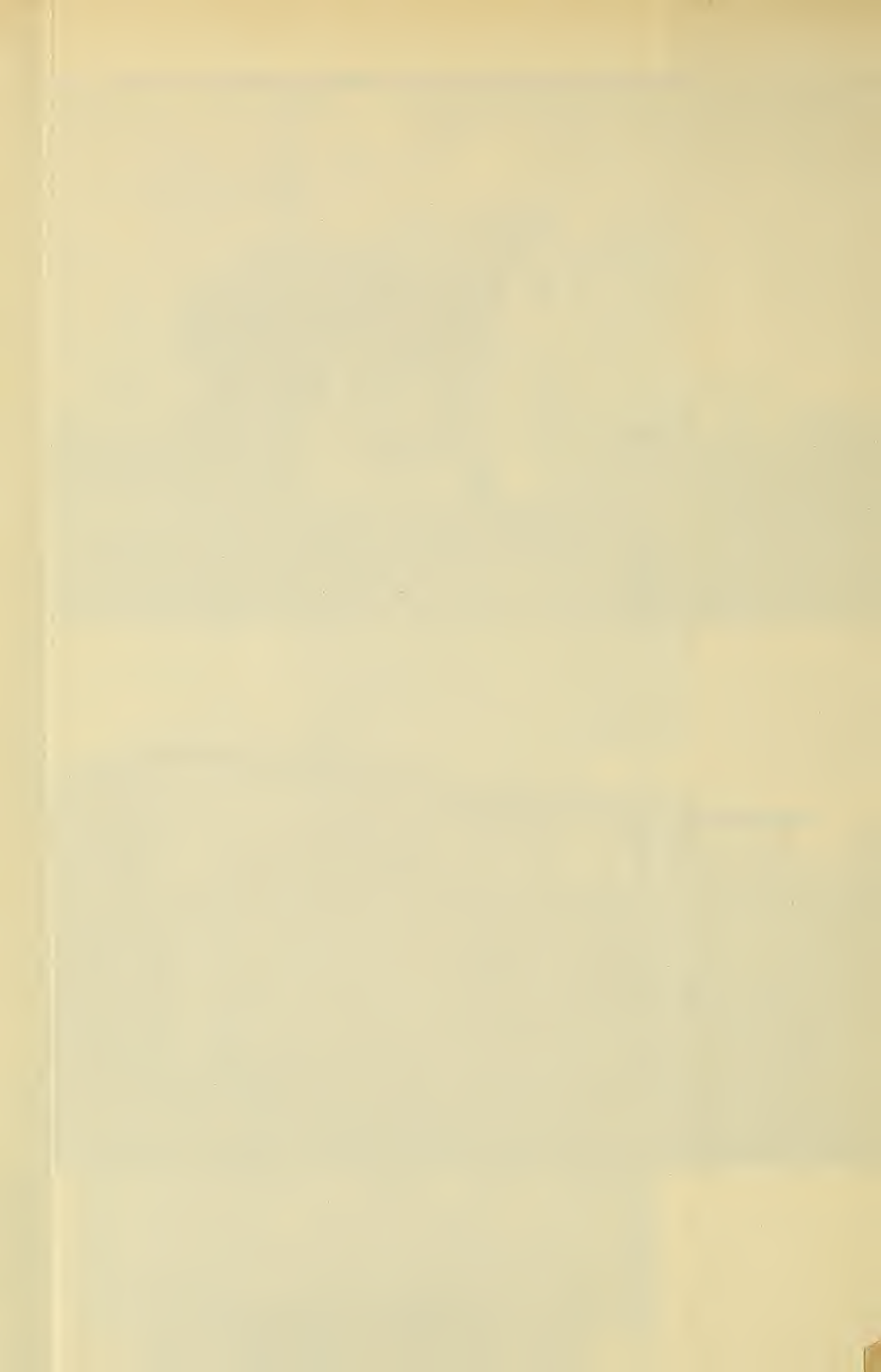

Windenhäuschen

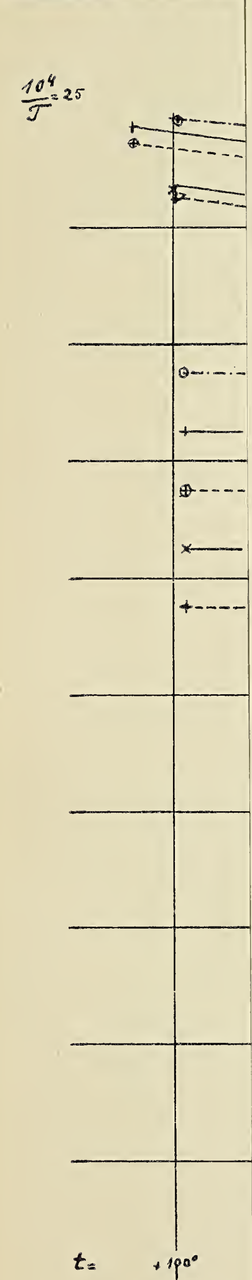
Meteorograph

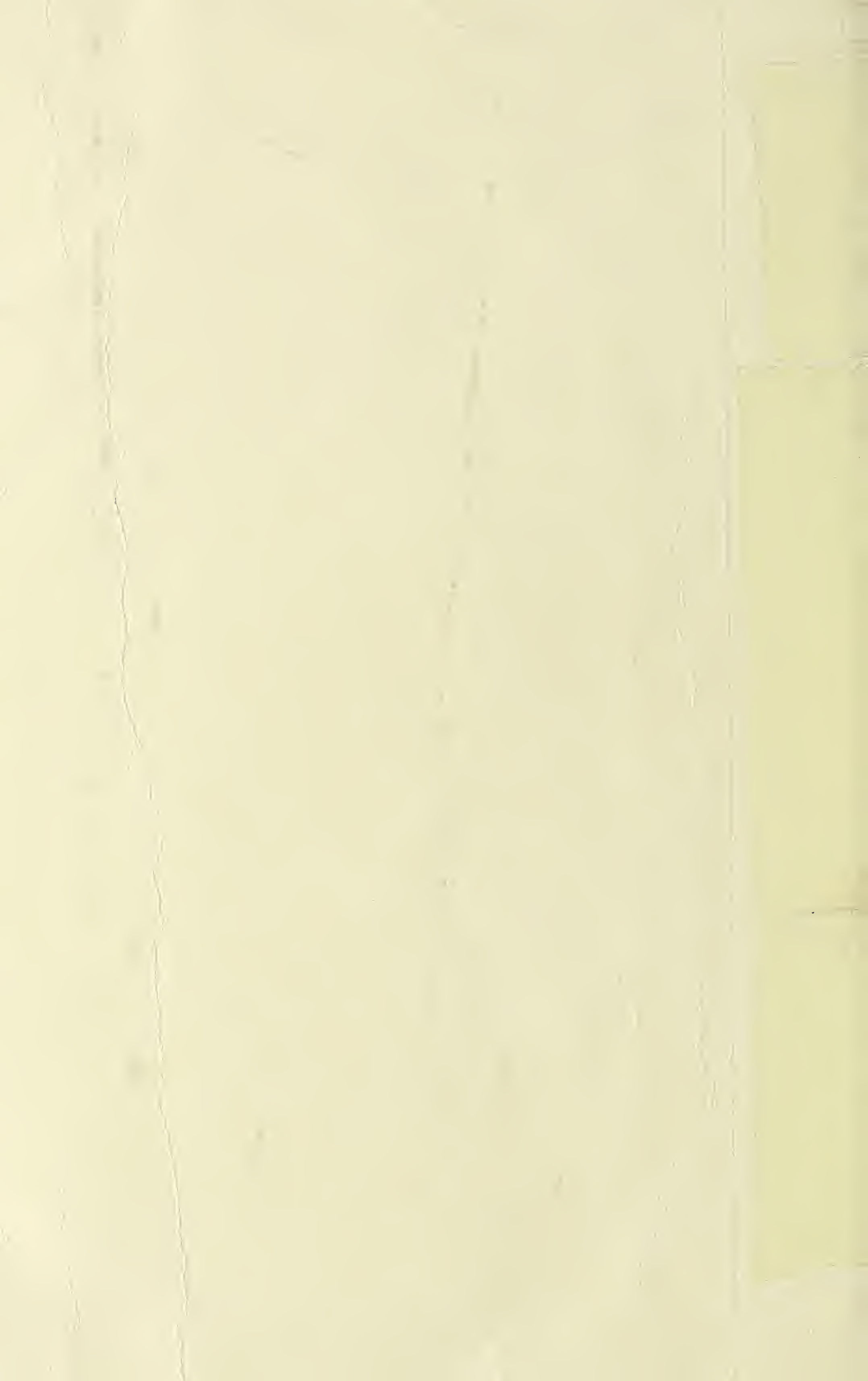

Luftelektrische Anlage

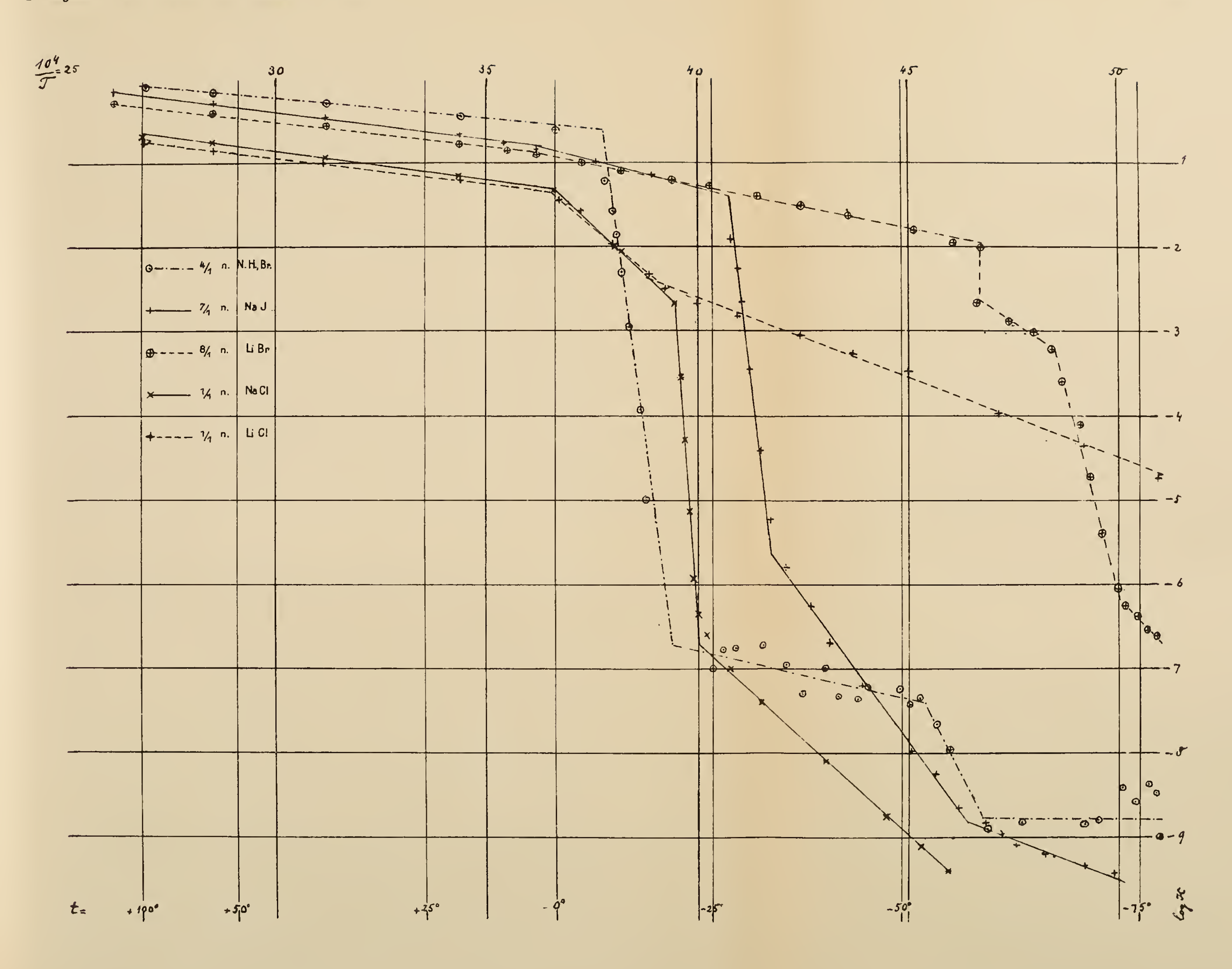

Ballonhalle


Pilotballonaufstieg



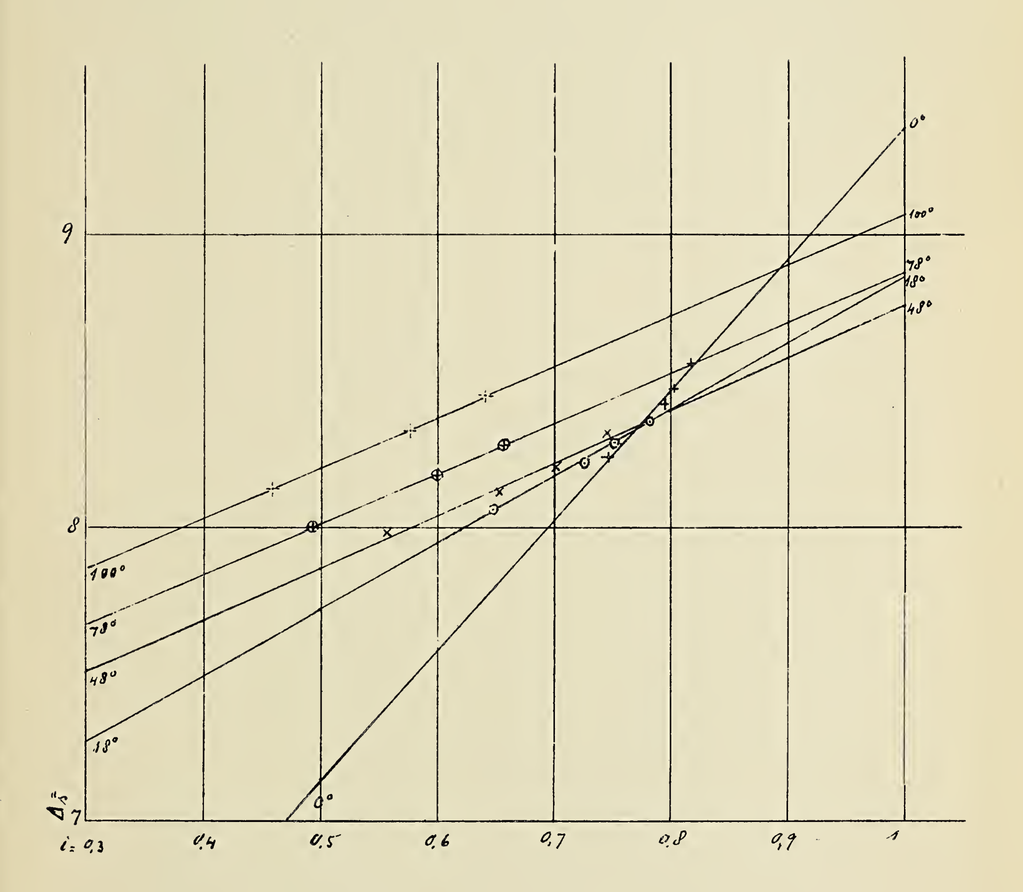

$\frac{10^4}{T}$ = 25
t =
+ 100°





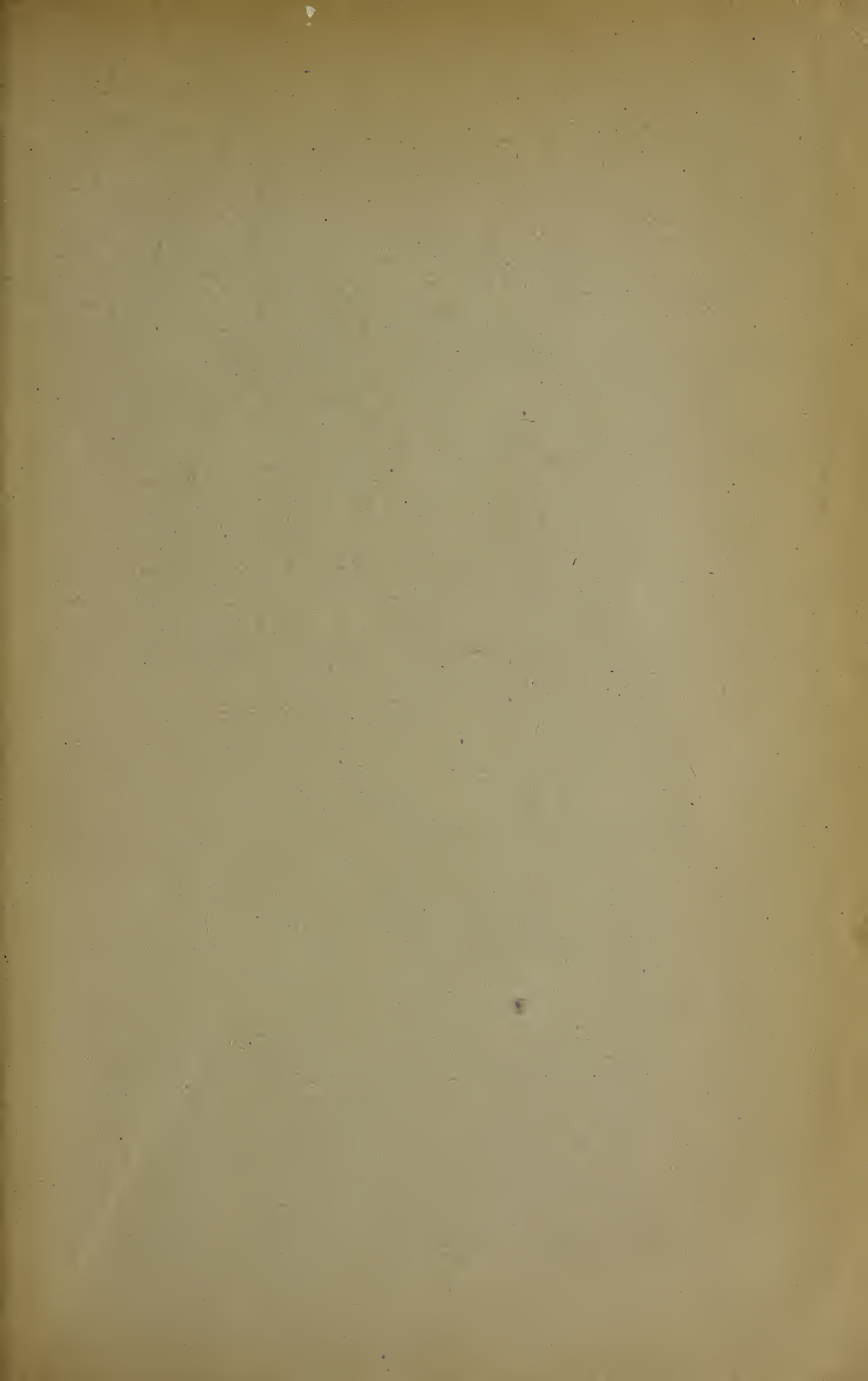
$\frac{10^4}{T}$ = 25
30
35
40
45
50
4/1 n. N.H4Br.
7/1 n. Na J
8/1 n. Li Br
1/1 n. Na Cl
1/1 n. Li Cl
1
2
3
4
5
6
7
8
9
t =
+100°
+50°
+25°
0°
-25°
-50°
-75°
log κ





0°
100°
78°
18°
48°
9
8
100°
78°
48°
18°
0°
Δ
7
i = 0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1





Carl Michaal'sche Hof- und Ratsbuchdruckerei,
Güstrow.



